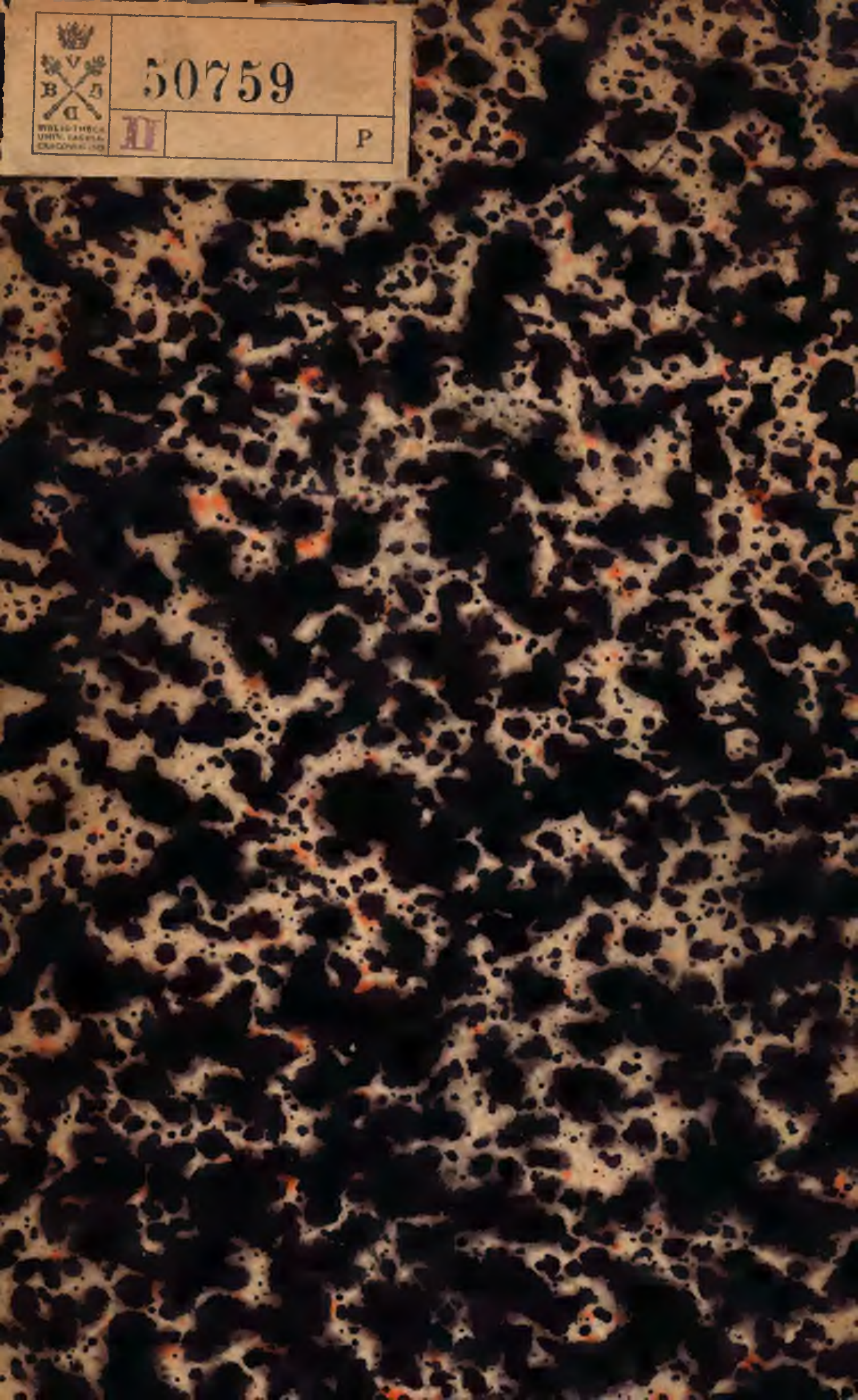



V
B
J
C
50759
II

dla Biblioteki
Uniwersytetu Jagiellońskiego.
Ignacy Domeyko

(to trzecie wydanie Traktatu Probierczego
przedrukowane w Paryżu za pozwoleniem
autora, dla Mexyku i Hiszpanii)

TRATADO DE ENSAYES,

TANTO

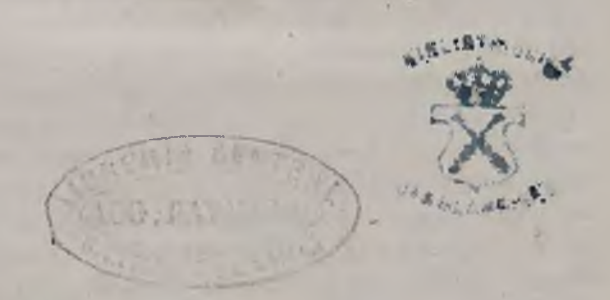
POR LA VIA SECA COMO POR LA VIA HUMEDA,

De toda clase de minerales i pastas de cobre, plomo, plata, oro, mercurio, etc.; con descripcion de los caractéres de los principales minerales i productos de las artes en América, i en particular de Chile.

Por Ignacio Domeyko,

MIEMBRO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE: PROFESOR DE QUÍMICA.

TERCERA EDICION, AUMENTADA I CORREJIDA.



Santiago de Chile.

IMPRENTA NACIONAL, CALLE DE LA MONEDA, NÚM. 46.

— 1873 —

PRÓLOGO

DE LA PRIMERA EDICION.

Esta obra, que he escrito i publicado por encargo del señor Ministro de Instruccion Pública, está destinada para el uso de los que quieren destinarse al conocimiento práctico de los minerales i al arte de ensayarlos. Es claro que, debiendo variar los métodos de ensayar segun la naturaleza i la composicion de las materias que se quiere ensayar, el estudio de los caracteres de estas últimas debe ser inseparable del estudio de dichos métodos. Por esta razon he creido necesario comprender en el *Tratado de ensayes*, una descripcion mineralójica i tecnolójica de las principales materias metálicas, ya sea minerales, sea artificiales, que tienen alguna importancia en el comercio i la industria.

En vista de esto, he dividido en dos secciones principales cada capítulo destinado a cada metal: en la primera se halla la descripcion; 1.° de las *especies minerales* o *mineralójicas* del metal; 2.° de los *minerales* o *metales*, que no son otra cosa mas que unas mezclas de las anteriores, consideradas en el estado en que se emplean para el beneficio; 3.° de los productos de las artes: en la segunda, se trata solo de los modos de ensayar tanto por lo vía seca como por la vía humeda. Aquella seccion comprende la mineralojía de los metales útiles; ésta el verdadero arte de ensayar.

En toda mi obra he adoptado i seguido el plan del *Tratado de ensayes por la vía seca de Berthier*, obra maestra que debe hallarse en las manos de todos los metalurjistas i directores de injénios, como la única en su especie, que une a la mayor clari-

dad i concision, la precision mas prolija: *lo positivo* libre de todas suposiciones teóricas.

De esta obra he hecho un estracto o traduccion de todo lo que es relativo a los modos de ensayar; i solo en la parte mineralójica he creido útil i necesario introducir algunas modificaciones, para adaptar este libro al uso de los americanos i en particular de los chilenos, dándoles a conocer de un modo mas particular los minerales i productos de las artes de Chile i de las repúblicas hermanas, que los del antiguo continente; i agregando algunos nuevos descubrimientos i observaciones relativas a los métodos que mas comunmente se practican en el nuevo continente.

En la parte mineralójica, acompañada con algunas observaciones jeolójicas sobre el *lecho* de los minerales, he comprendido los resultados de mis propias observaciones hechas por el espacio de cinco años en este pais; i todas las analísis que se citan sin llevar el nombre del autor, han sida hechas por mí o bajo mi direccion por mis alumnos: lo mismo se entiende con respecto a los numerosos ensayos que se hallan en este libro.

Léjos estoi de considerar este gran número de mis analísis como cosa de absoluta exactitud, i cuyos resultados no pueden sufrir modificaciones i correcciones de suma importancia de parte de los químicos: ántes bien me daria por mui satisfecho, si la mayor parte de estas analísis pudiese servirles como indicaciones útiles o *analísis calitativas*, i les diere ocasion para hacer descubrimientos. He citado estas analísis no por darles preferencia sobre las análisis hechas por los químicos distinguidos de nuestra época, sino porque mui pocos minerales i productos de artes de América i sobre todo de la República de Chile, habian sido analizados ántes de la publicacion de esta obra.

La mayor parte de las observaciones que se aplican a las pastas de plata i de oro, han sido estraidas de la obra de Chaudet *El arte del ensayador*, obra adoptada en Francia por todos los ensayadores; i me he atrevido a agregar en la parte *no interlineada* del testo, algunas observaciones comprobadas por mi propia práctica.

He copiado algunas descripciones de minerales de la Mineralojía de don Andrés del Rio, profesor de mineralojía en el colejio real de minería en Méjico, cuya obra, en realidad, es el Tratado mas completo de todos los que conozco, en cuanto a la descripcion de los caractéres mas importantes de las sustancias minerales.

En cuanto al órden en que he colocado los metales, i a la estension que he procurado dar a cada capítulo, he tomado en consideracion particularmente el grado de importancia que cada uno de estos metales tiene en Chile, tanto para su industria en jeneral, como para sus principales ramos de minería. Por esto he colocado en primer lugar el cobre, en seguida la plata, el oro, el mercurio i despues el hierro i los demas metales.

En fin, al publicar esta obra en que se halla comprendida una parte de mi curso en el colejio de Coquimbo, mi ánimo es de tributar mi reconocimiento, i dar pruebas de amor al pais en que he encontrado descanso i consuelo, en el tiempo de las mayores desgracias de mi querida patria.

Serena, enero 25 de 1844.

IGNACIO DOMEYKO.

ADVERTENCIA RELATIVA A LA SEGUNDA EDICION.

Catorce años han corrido desde la publicacion de la primera edicion de este libro, i este tiempo, empleado en la enseñanza pública i estudio de los productos minerales de Sur América, me ha dado a conocer varias especies nuevas, cuya descripcion he creido útil agregar a esta nueva edicion. Inventáronse tambien desde la misma época diversos métodos nuevos, particularmente algunos para ensayes de los minerales i productos metalúrjicos de cobre, cuyo conocimiento es ahora indispensable para los ensayadores. En fin, he visto que en un libro, destinado para servir de texto a la enseñanza i para el uso de los mineros, hacia falta la indicacion de las propiedades mas esenciales de cada metal, particularmente de aquellas que un ensayador o injeniero de minas debe conocer, a pesar de que las mas veces estas propiedades no se hallan en los textos de química jeneral i costaria trabajo buscarlas en las obras especiales de metalurjia. Esta falta que se hacia notar en mi libro he tratado de correjir en esta nueva edicion i al propio tiempo he creido útil introducir en ella los cambios i adiciones siguientes:

En el capítulo que trata de combustibles he añadido nuevos datos sobre la naturaleza del carbon fósil de Chile, i consideraciones esenciales, relativas al uso de los ensayes por el litarjirio i a la eleccion de las diversas especies de combustibles en las operaciones industriales.

Al capítulo de cobre se ha dado mayor estension en lo relativo a los ensayes de las materias arsenicales i antimoniales por la vía húmeda, i se han agregado: 1.° el método de Pelouze por el sulfo-hidrato de soza; 2.° método de Parkes, por el cianuro; 3.° métodos colorimétricos.

En la parte que trata de la plata he agregado, *en primer lugar*, un resúmen de las propiedades de plata que se aprovechan tanto en las fundiciones como en las amalgamaciones i ensayes de los minerales i productos metalújicos de este metal; *en segundo lugar*, una nueva clasificacion de los minerales de plata que comprende las especies nuevamente descubiertas i la cual me ha parecido mas aplicable a la metalúrjia de la plata; *en tercer lugar*, he variado algunas nociones relativas a los ensayes de algunas materias cobrizas, etc.

En cuanto a los demas capítulos, pocas variaciones he introducido; solamente he añadido un método para los ensayes de los minerales de niquel (423) i un corto artículo sobre la platina.

No desconozco que, al tratar de cada uno de los metales, habria sido útil añadir los ensayes que se hacen por los métodos de Platner mediante el soplete. Pero los ensayes *cantitativos* al soplete forman un estudio especial, descrito con suma prolijidad en la obra de Platner, *Arte de ensayar al soplete*, de la cual habria sido temerario hacer estractos, pues todo en ella es igualmente útil i necesario, todo de igual importancia. De manera que, en lugar de estender demasiadamente esta nueva edicion de mi *Tratado*, intercalando i diseminando en él lo que con tanto método i minuciosidad se halla reunido en la mencionada obra, prefiero recomendarla a los injenieros i ensayadores como única en su especie i cuyas traducciones se han publicado en los mas idiomas modernos.

Deseo que esta nueva edicion, cuya publicacion, como la de la primera, se ha hecho bajo los auspicios del Gobierno, sea mas útil i de uso mas cómodo que la que he publicado en los primeros años de mi residencia en Chile.

Santiago, maya 3 de 1858.

I. D.

Variaciones i adiciones introducidas en esta tercera edicion.

Hallándose agotadas las dos primeras ediciones de este libro, he creido útil tanto para la enseñanza como para el uso de los ensayadores i de las personas aficionadas a la industria minera publicar esta tercera, correjida i aumentada. En atencion a las indicaciones i deseos que me han manifestado personas competentes en la materia, me ha parecido necesario introducir en esta nueva edicion, cambios i adiciones siguientes:

A la descripcion de los hornos i aparatos empleados en un laboratorio de ensayador, he añadido la de los hornos de Sefström i de Plattner i la de algunos aparatos que se calientan con gas de alumbrado.

He procurado ensanchar la parte relativa a los caractéres químicos de los metales i de su compuesto.

Con adicion de nuevas especies se hallará mas completa la parte mineralójica, relativa a los caractéres de los minerales mas importantes de Chile. A los ensayos por la vía seca se halla anexa la descripcion del método que se usa en Inglaterra para minerales de cobre i la de varias otras para ensayos de plata, de plomo, etc., aconsejados por Rivot en su importante obra de Docimasia.

He cambiado totalmente el capítulo relativo a los ensayos de niquel i de cobalto escojiendo para esto dos métodos mas acreditados.

En fin, he añadido un capítulo relativo a los ensayos de guano que actualmente forma uno de los artículos de esportacion mas importantes en la costa occidental del Pacífico.

Santiago, febrero de 1873.

I. D.

TRATADO DE LOS ENSAYES

POR LA VIA SECA I POR LA VIA HÚMEDA,

DE TODA CLASE DE MINERALES I PASTAS DE COBRE, PLOMO, PLATA, ORO, MERCURIO, ETC.

NOCIONES PRELIMINARES.

Ensayar una sustancia, es determinar con brevedad posible la proporcion en que se halla algun cuerpo útil en ella; *analizarla*, significa determinar no solamente todos los elementos constitutivos que entran en su composicion, sino tambien la naturaleza de ellos i las proporciones en que están combinados. Así, ensayar un mineral de cobre, es averiguar cuánto por ciento o cuántos quintales de cobre por cajon tiene, i es lo que se llama *determinar la lei del mineral;* miéntras que en una análisis del mismo mineral, se trata de averiguar si en este mineral hai azufre, oxíjeno, arsénico, etc., en qué proporcion se hallan *mezclados* o *combinados* sus elementos, i en particular, en qué estado de combinacion se halla entre ellos el cobre: por ejemplo, si se halla al estado de súlfuro, de sulfato, de óxido, de silicato, etc.

Se llama *ensayar por la via seca*, determinar la lei de un mineral o indagar algunas de sus propiedades por medio del fuego i de algunos *flujos* o *fundientes* que unas veces sirven para facilitar la fundicion, otras veces para *reducir* el mineral o cambiar el estado de su combinacion. Ensayar por la via húmeda, es someter un mineral a la accion de los ácidos o de algunos reactivos líquidos, con ausilio las mas veces, del calor que no pasa del punto de ebullicion de estos líquidos.

Hai tambien métodos *mixtos* que consisten en el uso de ciertas operaciones por *la via seca*, ausiliadas de otras, propias de la *via húmeda.*

Los métodos de *ensayar* que se usan en el comercio i en la industria minera, particularmente en los injenios i establecimientos metalúrjicos, deben ser no solamente exactos, sino tambien de fácil ejecucion i ejecutables con cierta brevedad de tiempo. Sucede aun, que en la eleccion de los métodos se sacrifica a estas dos últimas condiciones algo de la primera.

Antes de esponer los métodos de ensayar cada especie de pastas i minerales, tenemos que describir brevemente:

1.° Las principales operaciones que se usan en los ensayes por la via seca;

2.° Los hornos que se emplean;

3.° Los reactivos;

4.° Los combustibles i modos de ensayarlos.

CAPITULO I.

Operaciones que se usan en los ensayes por la via seca.

Hemos de distinguir dos clases de *operaciones*, que son: 1.° *mecánicas*; 2.° *químicas*.

§ I. OPERACIONES MECÁNICAS.

Estas operaciones consisten: 1.° en *quebrantar*; 2.° en *entresacar* (chancar) o separar unas de otras las partes de diferente naturaleza; 3.° en moler i cernir; 4.° en lavar, cuando se trata de separar las partes metálicas de las que constituyen el *criadero*.

Dos especies de ensayes se usan en la metalúrjia: las mas veces se trata de saber la lei del *comun* del mineral; otras veces se quiere solo conocer la lei de la parte mas pura del mineral, es decir, de aquella parte metálica que constituye su verdadero mérito i utilidad.

Modo de tomar el comun del mineral.

¿De qué modo se toma el comun del mineral?—Cuando se trata de saber el término medio de la riqueza de un mineral heterojéneo, importa mucho saber tomar con la mayor prolijidad posible lo que se llama el *comun del mineral*, porque de esta operacion pende en gran parte la exactitud de los resultados. Para esto, no es suficiente tomar a ciegas unos tres o cuatro pedazos de una pila de mineral; sino que se deben examinar bien las variedades principales que se hallan en ella, la clase de mineral que predomina, las partes mas pobres i las mas ricas; i se escojen diversas muestras de todo para formar una mezcla que represente el *comun* del mineral. Las mas veces, sobre todo, cuando el mineral es mui heterojéneo, el único modo de hacer bien esta mezcla, consiste en tomar, sin escojer, pedazos de cada *carga*, o mejor decir, de cada *capacho* (de cada dos quintales) al momento de descargar los minerales. Cuando el mineral se

halla amontonado en una pila grande, se acostumbra a veces proceder del modo siguiente: se corta la pila por unos dos tajos verticales que pasen por el centro, i se ponen a un lado todos los pedazos que provienen de dichos tajos: despues se quebrantan estas colpas en fragmentos mas pequeños, i se hace de ellos otro monton, el cual se revuelve con mucho cuidado; despues se corta este monton otra vez en cruz, i se toma todo lo que se halla en una de las cuatro partes del monton. Habiendo obtenido de este modo, o por uno de los métodos anteriores, la mezcla que debe representar el comun del mineral, se reducen primero todos los pedazos por medio de un combo o martillo a polvo de grano grueso, i despues todo se muele en un almirez de hierro o de bronce. El polvo que resulta de esto, se cierne; la parte que queda en el cedazo, se vuelve a echar en el almirez, i se muele; despues se cierne otra vez; i se repiten las mismas operaciones hasta que todo pase por el tamiz. Importa mucho juntar con el comun las últimas partículas que quedan en el almirez, por ser las mas duras o maleables; porque esta parte del mineral es casi siempre la mas pobre o la mas rica de todo el mineral. Los tamices que se usan para esto, son de tela de diversa finura, i son de clin, de seda o de alambre.

En la venta de los minerales de cobre o de plata en Inglaterra, todo el cargamento se muele i se reduce a polvo, el cual se mezcla, se revuelve con mucha prolijidad, ántes de tomar de él una muestra.

El lavado.—Cuando en vez de ensayar el *comun* del mineral, se trata de saber la lei de la parte mas pura que por lo comun es mas densa, en este caso, el polvo ya molido i cernido se somete todavia a otra operacion que consiste en separar esta parte mas densa de la mas liviana por medio del *lavado.* Esto se puede efectuar de dos modos: el primero consiste en deslamar o desleir el polvo en agua, i decantar el líquido turbio ántes que se depongan las partes mas ténues. De este modo se puede separar varios *tofos* o *arcillas,* i se concentra en los resíduos la parte mas densa que por lo comun es la mas rica del mineral: del mismo modo se separan tambien los granos mui finos de los que son mas duros i resistentes de la parte mas blanda del mineral. El segundo modo de lavar, consiste en someter el polvo a la accion de una corriente de agua por la que se separan unas de otras las sustancias de diferente *densidad.* Se hace uso para esta operacion de una tablita de madera como de media vara de largo i un poco ahondada en forma de una concha oblonga; i se pone en la parte superior de ella el polvo que se quiere lavar. Sobre este polvo se deja caer un chorrito de agua por un tubo que viene de un depósito de agua, i se puede abrir o estrechar, como se quiera, por medio de una llave. Se principia por desleir el polvo, i se revuelve con los dedos, miéntras el agua pasa turbia; despues se estiende el resíduo en la parte superior de la tabla, de manera que ocupe como la cuarta parte de su largo. El agua ha de caer un poco arriba de lo que se lava; i entónces, sujetan-

do bien la estremidad superior de la tabla con la mano izquierda, se le imprimen con la derecha repetidos sacudimientos en direccion del eje lonjitudinal. A cada sacudimiento, todas las partículas se suspenden por un instante en el agua; pero luego vuelven a caer a diversas distancias segun su densidad: las mas pesadas forman arriba una *liz;* las mas livianas pasan por abajo, i la parte intermedia consta de zonas de diversa riqueza i densidad. Despues de esto se hace oscilar la tabla sobre su eje de modo que éste quede inmóvil; i al mismo tiempo se lo inclina un poco a fin de hacer bajar las partes livianas que todavia quedan en la superficie. Cuando ya la mayor parte de partículas livianas se hallan reunidas en lo mas inferior, se les hace caer con el dedo en un vaso colocado debajo de la tabla; i se vuelve a pasar lo restante hácia arriba, para repetir la misma operacion hasta que se purifique del todo el mineral. Agregaremos que para este modo de lavar, no se necesita que el polvo sea mui fino; ántes por lo contrario un polvo grueso se lava mejor, sin que se pierda la parte mas rica del mineral.

En lugar de aquella tablita que se emplea en los laboratorios i en algunas minas de Europa, hacen uso los mineros americanos de lo que llaman *achua, poruña, batea,* cuyo uso cómodo i sencillo se aprende solo por la práctica.

§ II. OPERACIONES QUÍMICAS POR LA VIA SECA.

Las operaciones químicas que se verifican comunmente en los ensayes por la via seca, son: la *calcinacion,* la *reduccion* i la *fundicion.*

Calcinacion.

Importa mucho distinguir la calcinacion que se hace con el contacto del aire, de la que se efectúa en vasos cerrados sin ese contacto. Esta tiene por objeto hacer salir del mineral todas las sustancias volátiles que se puedan separar por el fuego, como son el agua, el ácido carbónico i en varios casos el azufre, el arsénico, el antimonio, etc., miéntras que el primer modo de calcinar sirve para combinar algunos elementos constitutivos con el oxíjeno del aire.

Calcinacion con el contacto del aire.—Este modo de calcinar se llama tambien *tostar* (griller).

De este modo se calcinan los metales i sus protóxidos, para hacerlos pasar al mayor grado de oxidacion.

Se calcinan los súlfuros, los arseniuros, los arsenio-súlfuros, etc., para separar a lo ménos en parte el azufre, el arsénico, el antimonio, etc.

A veces, se calcinan los cloruros para trasformarlos en óxidos.

Operacion de calcinar. Para calcinar un mineral, se lo reduce a un polvo mui fino, i se pone en una tacita chata de arcilla, colocándola en un hornillo ordinario de calcinacion o en un hornillo de mufla. Este últi-

mo método es mejor i mas cómodo, porque el aire que entra en la mufla, es puro, sin gases de combustion, i por consiguiente, capaz de oxidar mas pronto los elementos, i porque en la mufla es mas fácil graduar la temperatura, acercando la taza al bordo de la mufla o poniéndola mas adentro. Se puede tambien operar en una tacita de platino o de porcelana sobre la llama de una lámpara de alcohol.

No siendo posible efectuar completamente la calcinacion de un mineral, si no se ponen sucesivamente todas sus partículas en contacto con el aire, i como la fundicion del polvo impediria en gran parte este contacto, es menester revolver continuamente el polvo con un alambre u hoja de hierro al principio de la operacion, i templar la temperatura. Los mas minerales que necesitan calcinacion para separar el azufre, el arsénico, o el selenio, son mui fusibles; pero a medida que avanza la calcinacion, se hacen mas difíciles de fundir: por consiguiente, es preciso principiar la calcinacion a la temperatura mas baja posible, i no elevarla sino cuando dejen de desarrollarse los vapores. En algunos casos, para evitar que desde luego se funda el mineral, es bueno añadir desde el principio un poco de carbon en polvo i arena, i mezclarlos bien con la sustancia. Cuando la operacion llega al punto de que no se exhale ningun vapor de la materia calcinada, es bueno i en algunos casos absolutamente necesario añadir un poco de carbon molido, tapar el crisol o la tacita en que se hace la calcinacion, i aumentar mucho el fuego. Poco rato despues se destapa el vaso, i se vuelve a calcinar el resíduo como ántes, repitiendo la misma operacion hasta que no se exhale nada del mineral. De este modo se deben calcinar los arseniuros i arsenio-súlfuros; porque en su oxidacion se desarrolla una gran cantidad de ácido arsenioso, i se forman arsénitos; i como estos últimos no se descomponen por el calor, se necesita añadir carbon, para que el arseniato se trasustancie en arseniuro. Luego que se agrega el combustible, una nueva cantidad de ácido arsenioso se exhala, i por consiguiente, a cada nueva porcion de carbon que se añade, se separa una nueva cantidad de arsénico que se volatiliza, sea al estado de ácido arsenioso, sea al estado puro. La práctica demuestra que al fin queda en el resíduo una cierta porcion de arsénico que ya no se puede separar por medio de la calcinacion.

Calcinacion de los sulfuros.

Calcinando los súlfuros, se desarrolla ácido sulfuroso, i se forma un sulfato; i como todos los sulfatos, escepto el sulfato de plomo, se descomponen por el calor albo, i casi todos obran en los súlfuros orijinando óxidos i ácido sulfuroso, la calcinacion puede efectuarse completamente sin añadir carbon; solo se necesita elevar de cuando en cuando la temperatura para descomponer los sulfatos, i esto se efectua tapando el vaso en que se calcina el mineral i adaptando al hornillo el tubo de aspiracion, o bien, poniendo la taza mas adentro de la mufla si la calcinacion se hace en un horno de copela. Se aconseja tambien en ciertos casos para que se descompongan con mayor facilidad los

sulfatos, emplear carbonato de amoniaco, que se añadiria en polvo o en pequeños fragmentos a la materia durante la *tuesta*. Cuando se calcina el súlfuro de plomo, no se debe añadir carbon, porque se formaria un sub-súlfuro mui fusible que se pegaria al vaso: no se debe tampoco elevar la temperatura, porque el óxido de plomo es fusible, i por esto no se puede separar el azufre de la galena por la calcinacion. Hai súlfuros, como el de antimonio, que se deben calcinar a una temperatura baja, desde el principio hasta el fin de la operacion, i otros, como el súlfuro de zinc (la blenda), que se pueden calcinar a una temperatura mui elevada.

No se necesita una arcilla mui refractaria para hacer los vasos que se emplean en la calcinacion de los minerales, porque estos vasos, tazas o crisoles no se someten nunca a un calor mui intenso; pero no deben rajarse por las variaciones de temperatura, i en el interior deben ser mui lisos a fin de que se pueda quitar el resíduo. Muchas veces, cuando se quiere evitar la pérdida del mineral calcinado que se pegaria, aunque en pequeña cantidad, al fondo de la taza, es preciso calcinar el mineral en el crisol mismo en que se le ha de fundir. En este caso se debe inclinar un poco el crisol miéntras dura la calcinacion, para que el aire entre i se renueve mas fácilmente en el interior del crisol. Cuando se hace uso de una cápsula de porcelana, es preciso calentarla i enfriarla mui lentamente porque la porcelana se quiebra por las variaciones repentinas de temperatura.

Calcinacion de los arseniuros, antimoniuros etc. Mayores dificultades presenta la calcinacion de los minerales arsenicales o antimoniales, i aun es imposible efectuarla completamente si se quiere espulsar el arsénico i el antimonio. En efecto, estos minerales son por lo comun mas fusibles que los súlfuros i las sales que se forman durante la calcinacion, los arseniatos, los arsenitos, los antimoniatos, etc., no se descomponen por el fuego como los sulfatos. La calcinacion de estos minerales se hace en crisoles o tazas de greda o de porcelana i nunca en vasos de platino; se efectúa en unos hornillos cuyos tubos de aspiracion puedan llevar fuera del laboratorio los vapores arsenicales; i para evitar que la materia se derrita i se pegue a las paredes de la taza o crisol, se añade desde luego al mineral crudo la tercera o cuarta parte de su peso de carbon o cok molido. En seguida se principia por operar con fuego mui lento i mas bajo posible. Cuando el vapor arsenical o antimonial haya desaparecido, se aumenta algo la temperatura con adicion del carbon molido i se vuelve a bajar otra vez la temperatura para la oxijenacion de los arseniuros i antimoniuros que provienen de la reaccion del carbon sobre los arseniatos i antimoniatos formados. Cuando en el mineral se halla proporcion considerable de pirita, una parte de arsénico se va al estado de súlfuro de arsénico, i la presencia de azufre impide que se formen los arseniatos en cantidad tan notable como se producen en la calcinacion de los arseniuros sin azufre. En todo caso seria inútil elevar la temperatura al fin de la operacion, como se acostumbra hacer en la

calcinacion de los súlfuros i quedará siempre en el resíduo de la tuesta algo de arsénico o de antimonio por mas que se prolongue la operacion.

Reduccion.

En las operaciones metalúrjicas, casi siempre se efectúan la reduccion i la fundicion del mineral a un tiempo. La reduccion tiene por objeto quitar el oxíjeno a un óxido o a un compuesto oxijenado: para esto, se calienta el cuerpo que se quiere reducir con el carbon, a una temperatura mas o ménos elevada. La operacion se efectúa, 1.° mezclando íntimamente el mineral con el carbon molido; 2.° por via de *cementacion.* Siguiendo el primer método, se necesita añadir un exceso de carbon, i este exceso las mas veces impide la fundicion; miéntras que por el segundo método evitamos este inconveniente.

Cuando se pone un óxido metálico molido o en pedazos en medio del carbon en un crisol, i se lo calienta, la cementacion se verifica gradualmente desde la circunferencia de la masa del óxido hácia el centro, de un modo análogo a la cementacion del hierro en barra, cuando se lo calienta en medio de carbon para trasustanciarlo en acero. El tiempo que se necesita para esto, depende de la naturaleza del óxido, de su cantidad i del grado de elevacion de la temperatura: así la cementacion es tanto mas larga cuanto mayor sea la afinidad del metal con el oxíjeno, i cuanto mas se eleve la temperatura. En jeneral, esta operacion se efectúa mas pronto, cuando el metal se funde, que en el caso de la cementacion del mismo metal sin fundirlo.

Fundicion.

Se intenta de fundir un mineral en un ensaye, *Objeto de la operacion.*

1.° Para determinar poco mas o ménos su grado de fusibilidad.

2.° Para saber qué aspecto i qué propiedades adquiere por la fundicion; si pierde i cuánto pierde de su peso a este grado de temperatura.

3.° En fin, se funde un mineral o cualquiera sustancia heterojénea, sea para estraer un metal o una aleacion, sea para separar las sustancias metálicas de los compuestos pedregosos. En este último caso la operacion toma el nombre de *fundicion cruda;* miéntras que, cuando se estrae el metal, la operacion se llama *reduccion* o *desulfuracion* segun el caso en que, para obtener este metal o alguna aleacion, se necesita quitar a sus compuestos el oxíjeno o el azufre.

La fundicion se opera en unos vasos que se llaman *crisoles,* i se hacen de arcilla pura o de arcilla mezclada con carbon, arena o cuarzo molido.

Las arcillas constan esencialmente de sílice, alumina i agua; pero se hallan tanbien mezcladas con gran número de otras sus-

tancias. Las que son puras, son blancas, opacas, de grano mui fino, untuosas al tacto, de una contextura térrea, su peso específico es como de 2, 5. Amasadas con un poco de agua, tienen la propiedad de hincharse i de formar unas pastas dúctiles, mas o ménos firmes, ligosas, capaces de tomar cualquiera forma que se les dé, pero si se emplea mucha agua, se deslien i se enturbian. Puestas en contacto con aire seco, abandonan poco a poco el agua que habian absorvido i no retienen sino cierta proporcion fija de ella, con la cual se hallan combinadas químicamente: al mismo tiempo se contraen considerablemente, i se parten en todos sentidos, si la desecacion no se efectúa con la mayor lentitud posible. Calcinadas con un calor graduado, pierden diversas porciones de su agua de combinacion, i tanto mas se contraen cuanto mas elevada sea la temperatura; en fin, al calor rojo abandonan la mayor parte de su agua de combinacion, i la pierden enteramente al calor albo.

Composicion. Las arcillas puras son refractarias, resisten al mayor fuego de los hornos, sin derretirse; pero se ablandan en el fuego i a veces toman un poco de lustre en la superficie i en la fractura. Las arcillas húmedas o solo desecadas se atacan en parte por los ácidos muriático i nítrico, i se descomponen casi enteramente por el ácido sulfúrico concentrado a la temperatura de la ebullicion: calcinadas al apuntar el calor rojo, no dejan de ser atacables por estos ácidos; pero una vez sometidas al calor albo, no se componen por ninguno. Todas se atacan mui bien por los álcalis cáusticos i los carbonatos alcalinos por la via seca.

Las sustancias que se hallan mezcladas con varias especies de arcilla en la naturaleza, son: el betun, la grafita, el cuarzo, el óxido de hierro, el hidrato de hierro, los óxidos de manganesa, el carbonato de cal, la pirita, el hidrosilicato de magnesia, el hidrato de alumina, el silicato de hierro, etc. El betun da a la arcilla un color pardo que se vuelve negro por la calcinacion en vasos cerrados, pero desaparece cuando se lo calcina con contacto del aire: algunas contienen tanto betun que se parecen a los combustibles. Las que tienen mucha grafita, se llaman *plombaginas*, i son mui buenas para crisoles. Hai casi siempre en todas las arcillas arena cuarzosa de grano mui fino, áspero al tacto; i esta arena se puede casi enteramente separar por un lavado hecho con prolijidad. Se hallan tambien mui a menudo en las arcillas, óxidos de hierro i de manganesa; i la presencia de estos óxidos es mui perjudicial, cuando se quiere hacer uso de una arcilla para hacer crisoles o ladrillos refractarios; porque estos óxidos, pudiendo formar unos silicatos fusibles, facilitan la fundicion de la mejor arcilla pura. Lo mismo sucede con la pirita: solo ésta se puede separar en parte por medio del lavado.

Las arcillas mezcladas con carbonato de cal, se llaman *margas*, i se reconocen por la efervescencia que producen con los ácidos. Estas arcillas no se pueden emplear en la fabricacion de crisoles o de ladrillos refractarios, porque forman siempre unos silicatos dobles de cal i de alumina, que son mas o ménos fusibles; pero

las margas son mui buenas para fabricar loza. La magnesita o silicato de magnesia se parece mucho a las arcillas blancas puras: se deslie fácilmente en el agua, i forma con ella una pasta viscosa pero de poca tenacidad. Las arcillas que se hallan mezcladas con esta sustancia, no son refractarias, porque con un calor activo se forman silicatos dobles de magnesia i de alumina, que son fusibles. Por la misma razon no sirven para la fabricacion de crisoles ni de ladrillos refractarios las arcillas que contienen algun silicato de protóxido de hierro, cuya presencia se conoce por el color gris verdoso que tienen estas arcillas, i que se cambia en color amarillo rojizo, cuando se calcinan con el contacto del aire.

Resulta de todo esto que, para reconocer si una arcilla es buena para crisoles, ladrillos o planos de hornos, examinaremos: *Modo de conocer una buena arcilla.*

1.° Su color, que si es amarillo rojizo o rojo, desconfiaremos desde luego de su calidad;

2.° Si es blanca verdosa, gris o negruzca, tostaremos un poco de ella al calor rojo para ver si varia de color i si toma un viso rojizo;

3.° Echaremos sobre ella un poco de ácido muriático para ver si hace efervescencia, i cuanto de su peso pierde por la accion de este ácido, sin elevar la temperatura;

4.° Amasaremos esta arcilla con una cantidad de agua conveniente, para ver si la masa que forma es bastante dúctil, tenaz, ligosa; si es bastante plástica para conservar la forma que se le quiere dar;

5.° Hecho un pequeño crisol de esta masa, ya pura, ya mezclada con algo de cuarzo molido o de la misma arcilla cocida, secaremos este crisol i lo espondremos en seguida al fuego mas vivo de los hornillos de fundicion, para poder observar su grado de resistencia;

6.° En fin, someteremos cierta cantidad de la misma arcilla *cruda* a un lavado prolijo con mucha agua, para examinar la naturaleza de las arenas o sustancias estrañas con que está mezclada.

A esto voi a agregar la composicion de las mejores arcillas que se usan en la fabricacion de los crisoles i ladrillos.

	Havange. (1)	Stourbridge. (2)	Hoeganas. (3)	Forges. (4)	Le Montet. (5)
Sílice	0,661	0,637	0,569	0,650	0,617
Alumina	0,198	0,207	0,219	0,240	0,247
Magnesia	----	----	0,006	----	----
Oxido de hierro	0,063	0,040	0,034	----	0,022
Agua	0,075	0,103	0,174	0,110	0,100
	0,997	0,987	1,002	1,000	0,986

	Vanvres. (6)	Devonshire. (7)	Hesse. (8)	Andennes. (9)	Chango muerto. (10)
Sílice	0,540	0,496	0,465	0,520	0,597
Alumina	0,250	0,374	0,349	0,270	0,296
Cal	----	----	----	----	0,018
Oxido de hierro	0,060	----	0,030	0,020	----
Agua	0,140	0,112	0,152	0,190	0,090
	0,990	0,982	0,995	1,000	1,000

(1) *Arcilla de Hoyanges* —Se usa para hacer ladrillos refractarios.—Es un poco amarilla i mezclada con arena.

(2) *Arcilla de Stourbridge* (Inglaterra).—De color pardo i mui homojénea.—Sirve para hacer crisoles, que se usan en la fabricacion del vidrio i del acero fundido.—Es mui refractaria.

(3) *Arcilla de Hoeganas* (Suecia).—Proviene de un terreno que tiene carbon de piedra.—Mui refractaría.

(4) *Arcilla de Forges* (Francia).—De color pardo.—Se pone blanca por la calcinacion.

(5) *Arcilla de Le Montet* (Francia).—Sirve para hacer ladrillos mui refractarios.

(6) *Arcilla de Vanvres* (cerca de Paris).—De color pardo; calcinada, se pone colorada.—Sirve para hacer los hornillos de laboratorio.

(7) *Arcilla de Devonshire* (Inglaterra).—Una de las mejores de Inglaterra—de color blanco parduzco.—Calcinándola se pone blanca.

(8) *Arcilla de Hesse* (Alemania).—Sirve para hacer crisoles mui refractarios, que se llaman crisoles de Hesse; tiene un color rojo pálido por la calcinacion.

(9) *Arcilla de Andennes* (Francia).—Sirve para hacer los mejores crisoles de Paris.

(10) *Arcilla de Chango muerto* (Chile).—Mezclada con cuarzo molido (pedernal), sirve para hacer crisoles i planes de hornos de reberbero. Es blanca, en algunas partes algo amarillenta, en otras, un poco gris o parduzca.—Mui refractaria: se parece a la arcilla 5 de le Montet.

Arcilla de Colcura.—Es de color gris amarillento, en partes algo verdoso; no produce el mas pequeño indicio de efervescencia con los ácidos; calcinada con el contacto del aire, se pone mas blanca, algo amarillenta: forma una masa bastante ligosa i tenaz; lavada, deja 15 a 20 por ciento de resíduo arenoso de cuarzo con unas pocas hojillas de mica i partículas negras de combustible. Tiene todos los caractéres de arcilla mui buena para crisoles, ladrillos refractarios, etc. Esta arcilla empleada actualmente en la fabricacion de los ladrillos refractarios en Lota, consta de

Sílice	51.75
Alumina	29.15
Protóxido de hierro	3.40
Cal	0.75
Sosa	0.85
Agua	13.75
	99.65

Por su composicion i sus cualidades se parece mas a la arcilla de Andennes.

De dos especies hai arcillas refractarias en Chile: las unas no son otra cosa mas que rocas felspáticas pertenecientes a los terrenos graníticos o porfíricos, descompuestas en el mismo lugar donde se hallan; las otras son depósitos sedimentarios que segun toda probabilidad vienen de la destruccion de las anteriores. Aquellas son verdaderas caolinas, se hallan en masas irregulares en medio de granitos o pórfidos i se ven por lo comun mezcladas con granos de cuarzo i hojillas de mica; éstas forman capas bastante regulares en medio de capas de arenisca i pertenecen a los terrenos estractificados modernos. A la primera categoría pertenece el *tofo* de Chango muerto (10), la caolina de San Lorenzo, la de Jahuel i de varias localidades conocidas en medio de las cordilleras graníticas de la parte litoral de Chile; a la segunda, la arcilla de Lota de que se acaba de dar la composicion química i la cual forma *mantos* en medio de las capas terciarias del terreno liguitífero de Colcura: esta arcilla proviene de la misma localidad de donde se estrae el carbon fósil de Lota, de Coronel, etc.

En algunas caolinas como en la de San Lorenzo se halla fosfato de alumina, blanco, a veces azulejo (por una pequeña proporcion de óxido de cobre que contiene), íntimamente mezclado o en forma de venas. La presencia de este fosfato que influye notablemente en la fusibilidad de arcilla, se conoce por la facilidad con que se disuelve en los ácidos i el precipitado que produce su disolucion, añadiéndole amoniaco.

Preparacion de la arcilla.

Rara vez se emplea aun la mejor arcilla en la fabricacion de crisoles sin purificarla de la arena que contiene. Para esto, primero se separan con la mano las partes mas coloradas, i se escojen las mas limpias. Estas se deslien en el agua para formar una papilla mui líquida, la que se pasa por un tamiz de alambre para sepa-

rar la parte gruesa de arena i las partículas de arcilla que no se han desleido.—Despues se añade a la papilla mas fina mucha agua, revolviéndolo todo en unas tinas mui grandes; se decantan las aguas turbias, i se dejan por algun tiempo en un estanque, para que se asiente toda la arcilla pura. Entónces se decantan otra vez las aguas de encima, se recoje el depósito que se ha formado, i se lo mezcla con las sustancias que se han de añadir para mejorar la calidad de los crisoles. Esta mezcla se debe hacer del mejor modo posible; i para esto se la revuelve pisándola por mucho tiempo hasta que se forme una pasta mui homojénea. En algunas fábricas suelen dejar esta pasta ya bien revuelta en un lugar húmedo por algunos meses, lo que se llama hacer *podrir la arcilla*: no cabe duda en que de este modo se mejora mucho su calidad. En fin, preparada de este modo la masa, se pone en unos moldes destinados a darle la forma i el tamaño de los crisoles, los cuales se secan despues mui lentamente i por mucho tiempo, para que disminuyan de volúmen igualmente en todos sentidos sin rajarse. Muchas veces se cuecen a una temperatura moderada para darles el grado de dureza i cohesion conveniente.

Fabricacion de los crisoles.

Los buenos crisoles deben cumplir con las cuatro condiciones siguientes: 1.° Deben resistir a las variaciones repentinas de temperatura sin rajarse; 2.° Deben ser infusibles; 3.° Deben resistir a la accion del litarjirio i de varios otros flujos; 4.° Deben ser bastante compactos para que no los atraviesen los líquidos ni las sustancias gaseosas.

Las dos primeras condiciones son las mas importantes. Para que los crisoles resistan a las variaciones de temperatura, se añade a la arcilla pura un *cemento,* es decir, unas sustancias infusibles, que tienen la propiedad de conservar su volúmen a una temperatura elevada: estas sustancias son el cuarzo molido, la arcilla calcinada, unos pedazos de crisoles, la grafita i el cok (carbon de piedra calcinado). Se reducen estas sustancias a un polvo mas o ménos fino segun el grano que se quiera dar a la pasta. Miéntras mas cemento se añada, mejor resistirán los crisoles a las variaciones de temperatura sin rajarse; pero al mismo tiempo se aumenta su porosidad i disminuye su firmeza; de modo que un exceso de cemento hace perder a la masa su tenacidad.

Los crisoles mas refractarios se hacen con arcilla pura, o la que no tiene mas de tres o cuatro por ciento de óxido de hierro; sobre todo, no debe tener sustancias calcáreas. Sin embargo, los crisoles aun de arcilla pura, no son completamente infusibles, i se ablandan a una temperatura elevada deformándose. Para evitar este inconveniente, se añade a la pasta un poco de cuarzo, de grafita, de cok, o bien de cualquier carbon. La grafita i el cok son mejores para ésto que los demas ingredientes, porque no ejercen ninguna accion sobre la arcilla; pero no se deben añadir con mucho exceso, porque quemándose con el fuego, dejarian el crisol mui poroso. El carbon de leña siendo mas combustible que el cok o la grafita, no se debe añadir sino en una proporcion todavía menor.

Hé aquí la composicion de los mejores crisoles que se encuentran en el comercio.

	Hesse. (1)	Paris. (2)	Inglaterra. (3)
Sílice	0,709	0,646	0,710
Alumina	0,248	0,344	0,230
Oxido de hierro	0,038	0,010	0,040
	0,995	1,000	0,980

(1) *Crisoles de Hesse.*—Se hacen con arcilla de Hesse (8), a la que se añade un tercio de su peso de arena pura de cuarzo. Son mui refractarios, i resisten bien a las variaciones de temperatura; pero son porosos, de grano demasiado grueso, i no pueden contener por mucho tiempo el litarjirio o las sustancias alcalinas a una temperatura elevada sin fundirse.

(2) *Crisoles de Paris.*—Son tan refractarios como los de Hesse; pero resisten mejor a la accion del litarjirio fundido. Se hacen con parte de arcilla de Andenne (9) cruda i dos partes de la misma arcilla cocida i quebrantada en polvo grueso; para que la superficie sea mui igual, se la cubre con una capa mui delgada de arcilla cruda mui pura.

(3) *Crisoles de Inglaterra.*—Se emplean para hacer el acero de fundicion.

Crisoles de carbon o crisoles de brasca.

Como todas las sustancias oxidadas obran sobre la arcilla de crisoles, i a mas de esto, muchos metales i sus óxidos adhieren fuertemente al crisol, se necesitan en varios casos unos crisoles de carbon, que se hacen con los mismos crisoles de arcilla guarnecidos en su interior con una capa de carbon. Para esto se toma carbon de leña mui puro, se muele i se pasa por un tamiz de seda: despues se humedece el polvo con agua, i se echa en el crisol primeramente una capa de 4 a 5 líneas de espesor de este polvo. Se lo aprieta bien con un majadero de madera, machacando el carbon mas i mas hasta que tome mucha consistencia. Sobre esta capa apretada se pone otra del mismo grueso, i se la aprieta del mismo modo que ántes; despues se pone una tercera, i así sucesivamente hasta llenar todo el crisol. Entónces se hace en medio del carbon, con un cuchillo bien afilado, un hueco de la misma forma que el crisol, i es preciso pulimentar la superficie interior con un tubo de vidrio redondo, para que las granallas metálicas que se forman en los ensayes, no pasen en las asperezas i que se reunan en una esferilla.

De este modo acomodados los crisoles, se llaman *crisoles de brasca*, i tienen la ventaja de ser mui firmes i mucho mas refrac-

tarios que los crisoles sin carbon. A mas de esto las sustancias vítreas que se producen en un ensaye, no pudiendo atravesar la brasca, no ejercen ninguna accion sobre la arcilla del crisol, se recojen puras, i se pueden pesar. No se necesita añadir *reductivo* alguno al flujo, cuando se hace el ensaye en un crisol de brasca, porque en muchos casos la misma brasca hace reducir el mineral que se ensaya por *via de cementacion.*

REGLAS JENERALES I PRECAUCIONES QUE SE DEBEN TOMAR EN LAS FUNDICIONES.

1. *Crisoles.*—Si se presume que la sustancia que se va a fundir no produce efervescencia, se debe emplear los crisoles mas chicos posible; en un caso contrario, cuando se teme que haya mucha efervescencia no se llenará el crisol sino a la mitad o dos terceras partes de su capacidad:—en todo caso no se debe hacer uso sin necesidad de crisoles demasiados grandes. La tapa del crisol debe ser de la misma arcilla que el crisol.

2. *Colocacion del crisol.*—El crisol nunca se pone sobre la reja, sino sobre un apoyo redondo, de diámetro un poco mas ancho que el asiento del crisol: de apoyo, llamado vulgarmente *queso* i hecho de buena arcilla, se coloca bien en el centro de la reja. Si se colocase el crisol directamente en la reja, la corriente del aire frio que entra por ella enfriaria la parte del crisol que necesita mas calor, es decir, la parte en que se ha de juntar toda la materia metálica que se quiere fundir. Este apoyo debe ser tanto mas alto cuanto mas rápida sea la corriente, cuanto mas hondo el hogar i cuanto mas activa sea la aspiracion del aire por las chimeneas. Los ensayadores alemanes para evitar el uso de dichos apoyos emplean crisoles en forma de unas copas con asiento levantado que mantiene el fondo interior del crisol a cierta altura sobre la reja. Estos crisoles (fute) son de uso mui cómodo, hechos de mui buen material refractario (véase tab. fig.)

3. *Arreglo del combustible.*—El éxito de la operacion pende en gran parte de la naturaleza del combustible, del tamaño de sus pedazos i del arreglo de ellos en el hornillo. Se debe evitar el uso de los pedazos demasiado grandes i del carbon demasiado menudo, cuyo polvo pasaria lijeramente por la reja o taparia los intersticios impidiendo el acceso del aire. Se procura emplear el combustible en trozos de tamaño mas o ménos igual, que corresponde a las aberturas de la reja i a la capacidad interior del hogar en que está colocado el crisol, i se tiene cuidado de tener la reja limpia, no obstruida por las cenizas. Cuando se efectúa la operacion en un hornillo de viento, con el objeto de producir temperatura mui elevada (de 100 a 150° pyr.) se ha de acomodar las primeras capas de carbon con la mano, cruzando los trozos de combustible unos con otros i rodeando con ellos el crisol de un modo igual de todas partes hasta la altura de los bordes del crisol o cubriéndolo segun la necesidad con carbon; i se ponen por encima algunas ascuas encendidas. Se deja bajar lentamente el

fuego, teniendo el hogar abierto i no se agrega combustible hasta que el fuego llegue a la reja. Empléese en seguida si es necesario una mezcla de carbon i de cok pero no se debe aumentar el tiraje mediante el conducto de aspiracion portátil o de la chimenea ántes que se asegure que ha pasado la efervescencia de las materias sometidas al ensaye: para lo cual es menester tener el crisol destapado a la mitad o enteramente miéntras dure la efervescencia.

En ciertos casos, cuando no hai motivo de temer la efervescencia i se tiene que elevar mucho la temperatura (ensayes de hierro), no se puede destapar el crisol; ántes por lo contrario se debe tener la tapa del crisol mismo pegado con arcilla al apoyo (queso), debiendo en tal caso dejar un agujero pequeño en la tapa para la salida de los gases.

CAPÍTULO II.

Hornos que se emplean para hacer ensayes por la via seca.

Tenemos que distinguir dos clases de hornos que se usan en los ensayes por la via seca: 1.° Hornos en los que la corriente de aire se establece por aspiracion; i estos son: *hornillos de calcinacion, hornillos de reverbero, hornos de viento, hornos de capilacion.* 2.° Hornos que necesitan fuelles para mantener la combustion, i se llaman *hornos de fuelles* o *forjas.*

Cuatro partes se distinguen en un horno cualquiera: 1.° el *hogar* o cuba donde se coloca el combustible; 2.° *la reja* o el fondo de la cuba; 3.° *el cenicero*; 4.° *la chimenea.*

§ I. HORNILLOS DE CALCINACION.

Estos hornillos son chicos i de poca hondura, porque nunca se usan para producir una temperatura mui elevada. Se hacen cuadrados o redondos: los primeros son mas fáciles de construir, ofrecen mas comodidad para remover i disponer el carbon adentro, i dan lugar para colocar dos o tres crisoles de una vez; pero los segundos producen mas calor con el mismo consumo de combustible. La *cuba* se hace de buenos ladrillos i arcilla refractaria; en los bordes se pone un cuadro de hierro para dar mas solidez al hornillo. La *reja* se compone de barritas de hierro soldadas en cuadro: éstas no deben ser gruesas, i deben ponerse distantes unas de otras cuanto se pueda, porque miéntras mas se facilite el acceso del aire, mas se eleva la temperatura. El *cenicero* debe tener las mismas dimensiones en superficie que la cuba o el hogar; i la puerta por la que entra el aire, ha de tener el mismo ancho que el cenicero, a fin de facilitar la entrada del aire. La *chimenea* no es fija, i solo se adapta al hornillo, cuando se quiere producir una temperatura elevada. Se compone de un tubo de aspiracion, hecho de una hoja de hierro con un mango de ma-

dera; el tubo no tiene mas de 6 a 8 decímetros (1 vara) de alto; i en caso que se necesite una temperatura mas elevada, se pone encima de éstos otro mas largo.

Hornillos de evaporacion. Se usan en un laboratorio hornillos de calcinacion de diversas dimensiones i diferente hondura. Los que tienen mui poca hondura, se usan en los ensayes por la via húmeda, como hornillos de evaporacion; i los mas cómodos para éstos son unos hornillos portátiles de greda ordinaria, que tiene 6 a 9 pulgadas de diámetro de hondura, con una rejilla movible de greda. De mayor comodidad todavia para el mismo fin, es un *baño de arena*, cuyo fondo i paredes se calientan con la llama de una estufa.

§ II. HORNILLOS DE REVERBERO.

Se llaman hornillos de reverbero en un laboratorio, unos hornillos portátiles, redondos, que se pueden cubrir a voluntad con una redoma o reverbero. Estos hornillos pueden servir para calcinar o fundir, pero las mas veces se emplean para *destilar* o *sublimar*. Se componen de tres piezas: 1.° el *hornillo* propiamente dicho, que en nada difiere del hornillo anterior; 2.° el *laboratorio*, que es una pieza cilíndrica, del mismo diámetro que la anterior, i se ajusta sobre ella; 3.° la *redoma* o *reverbero*, pieza del mismo diámetro que el laboratorio, pero hemisférica, i sirve para reflectar el calórico i reconcentrarlo en el interior. Se coloca esta última pieza sobre el *laboratorio*, i éste sobre el *hornillo*. Un agujero redondo, hecho parte en el laboratorio i parte en el reverbero, sirve para dar paso al cuello de la retorta, la que se coloca en dos barras de hierro encima del hornillo. Otro agujero que se halla en el centro del reverbero, se cubre a voluntad con uno o dos tubos de aspiracion; i dando al laboratorio una hondura mas o ménos considerable, se puede producir la temperatura que se quiere. Se hacen estos hornillos con arcilla cocida, i para darles mucha firmeza, se rodean con unos arcos o alambres de hierro.

§ III. HORNILLOS DE VIENTO.

Estos no se diferencian de los hornillos de calcinacion sino en que tienen una chimenea fija, mui elevada, por la que se determina una aspiracion o corriente de aire mui activa, capaz de producir mucho mas calor que el que se consigue en los anteriores. El interior de la *cuba*, o el hogar del horno se hace de ladrillos refractarios; su forma es cuadrada, i en los bordes se pone un arco de hierro para que no se deterioren las paredes con las herramientas i tenazas. La *reja* se compone de barras de hierro cuadrado (de 1 a 1 ½ pulgadas de grueso), movibles, que se puedan alejar mas o ménos unas de otras, segun que se necesite mas o ménos aire para la combustion. Estas barras descansan por sus dos estremos en dos barras fijadas en las paredes del horno, pero sobresalen por una abertura oblonga en las partes

anterior del horno; i por esta abertura se retiran o se acomodan a voluntad. Importa mucho no acercar demasiado estas barras unas a otras, i apartarlas cuanto se pueda, a fin de dar libre acceso al aire. La cuba está abierta por arriba, i no se comunica con la chimenea sino por medio de un conducto horizontal, que principia en la parte superior de la cuba, tiene el mismo ancho que ésta, i se une al cañon de la chimenea. Este conducto horizontal se hace tambien con ladrillos de fuego; i al orificio de la cuba se adapta una *tapa* (o cubierta) movible, hecha con ladrillos encajados en un cerco de hierro grueso. La *chimenea* se edifica tras del hornillo, i debe ser vertical. Miéntras mas alta i espaciosa sea la chimenea, mas activa se produce la corriente de aire; i por consiguiente mas se eleva la temperatura. Sin embargo, hai en esto cierto límite que seria inútil traspasar, al ménos en los ensayes por la via seca. Una chimenea de 12 ½ varas a 18 de alto en estos hornos, es capaz de producir un calor que haria ablandar los crisoles mas refractarios. El cañon interior se hace comunmente cuadrado, i se le dan las mismas dimensiones horizontales que las de la cuba o del hogar. Se construye con ladrillos ordinarios; i para darle mas firmeza, es preciso unirlo con barras de hierro verticales que se juntan por medio de unas llaves colocadas horizontalmente en la pared de la chimenea. A una altura como de un pié encima del cañon horizontal, se adapta a la chimenea una plancha de hierro, que se mueve horizontalmente, i sirve para cerrar enteramente el paso del aire, o disminuir su anchura a voluntad.

El mas grande hornillo de viento (hornillo de fundicion) empleado en el laboratorio metalúrjico en Clausthal (fig. 1 Lam: 6), se construye unas veces redondo, otras veces cuadrado. *A* es cenicero con su puerta *c*; *B* la cuba u hogar en que se efectúa la combustion; entre los dos se halla la reja *a b*. Este hogar se cierra a voluntad con una puerta *f* que se puede levantar i bajar mediante una cadena *G* un conducto inclinado, i *D* la chimenea que tiene 9 pulgadas de diámetro i 45 piés (prusianos) de altura. El aire viene de debajo por un canal *G* que desemboca detras del cenicero.

Un hornillo de fundicion mas pequeño, para ensayes de plomo i de cobre, en el mismo laboratorio tiene apenas 14 ½ pulgadas de altura sobre la reja, es cuadrado, de 11 pulgadas de lado; el cenicero tiene 6 pulgadas de altura. A 3 ½ pulgadas debajo la boca del hogar que se cierra con una plancha de hierro, desembocan dos canales que tienen cada uno 4 ½ pulgadas de altura por el lado del hogar i dos pulgadas en la estremidad de atras; por estos canales pasan los gases a dos chimeneas de hierro colado de 3 ½ pulgadas de diámetro i de 6 ½ piés de altura.

El hornillo de viento en Freyberg, que sirve hasta para diez ensayes de plomo a un tiempo, tiene su hogar 15 pulgadas de hondura, i en la reja siete barritas que tienen 14 ¼ pulgadas de largo i 11 ⅛ de ancho. Sobre la reja se pone una larga tira de ladrillo, rodeada de carbon, de 2 ½ pulgadas de altura, 5 pulgadas

de ancho i 3 ½ pulgadas de largo, sobre la cual se colocan crisoles con asiento (tuten) que tienen 3 ¾ pulgadas de altura; sobre los crisoles se echa 7 pulgadas de carbon i queda todavia 1 ¾ pulgadas de espacio vacío: no se usa el fuelle. La puerta del cenicero se halla a 6 pulgadas debajo, el cenicero i sus dimensiones 6 ½ sobre 6 pulgadas.

Las dimensiones de un horno de viento varian segun la temperatura que se quiere producir, la naturaleza del combustible i el número de ensayes que se intenta hacer simultáneamente. Así por ejemplo, se da en Alemania a los hornillos cuadrados que se destinan para ensayes de plomo 8 pulgadas de diámetro sobre un pié de hondura; para los de cobre i estaño, un pié de diámetro sobre 14 pulgadas de hondura, i para los de hierro hasta 14 pulgadas de diámetro i dos piés de hondura.

Miéntras mas difícil para encenderse sea el combustible i a mayor altura se intente elevar el fuego, tanto mas hondo debe ser el hogar (es decir, la distancia de la reja al borde del hogar); sin embargo, varía el diámetro del interior del hornillo i se le da mayor ensanche segun el número i tamaño de los crisoles que debe contener. En los injenios donde se necesita hacer diariamente gran número de ensayes, se acostumbra poner a un tiempo hasta doce crisoles. Sin embargo, entre crisol i crisol se ha de dejar espacio suficiente para el carbon del tamaño que se emplea.

Con la capacidad interior del hogar han de variar necesariamente las dimensiones de la chimenea i del conducto de comunicacion entre ésta i aquel. La seccion trasversal de la chimenea (o del tubo de aspiracion) no debe ser mayor que la mitad de la del hogar donde se efectúa la combustion; si se reduce aquella a la cuarta parte de ésta, se debilita considerablemente el tiraje, lo mismo sucede cuando a la chimenea i su conducto de comunicacion con el hogar se da demasiada anchura.

Los espacios que se dejan entre las barritas de la reja deben ser tanto mayores cuanto mas difícil sea para arder el combustible; de manera que la mayor distancia entre ellas se debe dejar cuando se emplea el cok, cuya combustion produce mucha ceniza fusible; en ningun caso, sin embargo, deben hallarse tan abiertas que dejen pasar i caer en el cenicero pedacitos de combustible que puedan todavia utilizarse. Las barritas deben ser prismas triangulares con una arista vuelta hácia el cenicero.

§ IV. HORNILLOS DE FUELLES O FRAGUAS DE ENSAYES.

En estos hornillos el aire pasa al traves del carbon mediante una máquina soplante en lugar de ser entroducido por aspiracion por medio de una chimenea. Por esto, todos tienen el inconveniente de necesitar máquinas i hombres que las muevan, por lo que se usan poco en un laboratorio. Estos hornillos se hacen de diversa forma i construccion: en unos, el aire entra por la reja como en los anteriores, en otros, por los agujeros laterales hechos en la pared del hogar o de la cuba. Producen comunmente ma-

yor temperatura que los de viento; pero como son ménos cómodos que estos últimos, citaremos una especie que tiene la ventaja de ser portátil, i por esto se usa en las minas.

Es un hornillo redondo, cilíndrico, hecho de una hoja de hierro gruesa, forrada con arcilla refractaria. Tiene 1 pié de alto, 10 pulgadas de diámetro esterior i 6 pulgadas de diámetro interior: a 2 ½ pulgadas del fondo se pone una reja, hecha de una sola pieza de hierro batido de 6 líneas de grueso, horadada con unos agujeros algo inclinados hácia el centro, de modo que todos se dirijan hácia un punto que está como 3 pulgadas arriba del centro de la reja, precisamente en el lugar en que se coloca la parte inferior del crisol, donde se necesita mayor fuego para la fundicion. La cuba tiene 6 pulgadas de hondura, i la tobera del fuelle entra por un agujero hecho en el mismo cenicero. El grado de temperatura que se quiere producir en este hornillo, pende de la presion del viento i por consiguiente del peso con que se cargan los fuelles: i en caso de necesidad de un fuego mui activo, *p. ex.* para fundir hierro o manganesa, se hará uso del cok (carbon de piedra calcinado) i no de carbon de leña.

Cuando necesitamos hacer unos pocos ensayes, podemos valernos de una fragua de herrería. En este caso, se debe levantar al rededor de la *tobera* tres paredes rectángulas con buenos ladrillos unidos con arcilla i de bastante altura para que se eleven de 3 a 6 pulgadas encima del crisol. Se coloca este crisol en un apoyo de arcilla en el mismo centro entre las tres paredes i la de la fragua; se llena todo de carbon, i se dá viento. Como el viento toca inmediatamente al crisol por un solo lado, sucede mui a menudo que éste se raja; i para evitar esto, es preciso poner cuidado en tener el espacio entre la tobera i el crisol siempre lleno de carbon. *Fragua.*

Hornillo partátil de Sefström.—Lam. 6, fig. 2 representa un corte vertical, i la figura la seccion horizontal de este hornillo, que se usa mucho en Suecia i Alemania. Dos cilindros concéntricos, de hierro colado o de gruesa hoja de hierro batido, cerrados por abajo con fondos bien ajustados, se hallan de tal modo colocados uno en el otro, unidos i afirmados por unas planchas de hierro, cortados en anillos, que entre los dos cilindros quede un espacio de tres pulgadas suecas (74=70 de Alemania, renanes) para la circulacion del viento que se sopla por un fuelle i entra por una abertura hecha en el cilindro esterior *C*, penetrando en seguida en el cilindro interior por los agujeros *a*, *a*, *a*. Este último está interiormente guarnecido con piedra refractaria o con una mezcla hecha de una parte de arcilla refractaria i tres o cuatro partes de cuarzo molido. Los conductos *a a* tienen media pulgada de diámetro de abertura en el cilindro interior i cubiertos interiormente de unos tubos de palastro para que sea mas fácil de destapar i limpiarlos. Sefström emplea carbon de pino en pedazos que no pasan de 1 ¼ pulgadas de diámetro i cernidos para que no entre polvo i carbon menudo. Se echa algo de ceniza de huesos en el fondo del cilindro interior i sobre un apoyo de la-

drillo refractario se colocan uno, dos, hasta cuatro crisoles. Emplean tambien para estos hornillos *cok* que no produce mucha ceniza.

Modificado este hornillo, tal como se emplea en Fahlun para ensayes de hierro, tiene 4 piés ¼ pulgada de abertura libre en el cilindro interior e igual altura; el revestimiento interior de mezcla refractaria tiene una pulgada de grueso i el espacio que separa los dos cilindros mide media pulgada en los costados i una pulgada entre los fondos. Todo el hornillo tiene 6 piés ¼ pulgada de altura i como 7 piés ½ pulgada de diámetro esterior.

Sainte-Claire Deville se vale para la fusion de platino de un hornillo que es cilíndrico, como el *laboratorio* de un hornillo de reverbero, de treinta centímetros de altura i treinta i ocho de diámetro; descansa sobre una gruesa placa de hierro colado agujereada, cuyos agujeros se hallan a cinco centímetros de distancia del punto central, i puestos en comunicacion con el tubo de un fuelle. El combustible debe ser subdividido en pequeños fragmentos i poroso, pudiendo servir para esto cok de buena calidad partido en pequeños pedazos o el carboncillo que cae por la zavalera i proviene de la imperfecta combustion de carbon fósil.

Una fragua portátil de uso cómodo, unida con el hornillo de fundicion o sin hornillo, consta de un fuelle cilíndrico, de doble efecto, que se mueve por medio de un manúbrio; encima del fuelle una gruesa placa de hierro en la cual se halla una concavidad como una taza semi-esférica de 13 cent. m. de diámetro i 64 m. m. de hondura i un pequeño canal que comunica con el tubo por donde sale el viento del fuelle. Sobre esta placa se coloca un mango cilíndrico de hierro revestido interiormente de arcilla refractaria, que sirve de hornillo i en cuyo interior se atiza el fuego.

Lámpara-fragua de H. Sainte-Claire Deville. Fig. 3, Lam. 6. Esta lámpara se alimenta con aguarras contenido en un frasco de mariote F semejante a los que se usan en las lámparas de nivel constante.

La lámpara consta de un vaso cilíndrico de cobre RR a cuyo interior, por el tubo *cc*, viene de dicho frasco el aguarras; debajo el vaso se ve una taza en que se vierte agua durante la operacion. Por los tres tubos de abajo *b b b* pasa al interior de la lámpara una corriente mui enérjica de aire que viene del pié A puesto en comunicacion con un fuelle. El vaso R es construido de tal manera que no deja pasar el líquido combustible sino al estado de vapor, de modo que la lámpara no recibe para su combustion sino una mezcla de vapor de aguarras i de aire atmosférico.

Dicha lámpara se halla cubierta de una chimenea C B recortada por aberturas que dejan al aire penetrar en su interior por toda la circunferencia. Se principia por llenar el frasco tubulado con aguarras, se abre la llave *r*, se echa agua en la taza *f* i se hace pasar por debajo de dicha taza la llama de una lámpara ordinaria de alcohol para trasformar el líquido combustible en

vapor. Este vapor pasa por los agujeros de la lámpara R i allí se enciende; se hace entónces activar su combustion por medio del fuelle cuyo aire se arroja al centro por el soplete central *b*, i a los costados por otros dos tubos *b* i *b*.

Por medio de esta lámpara bien dirijida se logra obtener temperaturas mui elevadas: así, por ejemplo, un crisol de diez a quince centímetros cúbicos adquiere en corto tiempo casi la temperatura de los ensayes de hierro; se funden con facilidad los felspatos, la esmeralda, etc.

§ V. HORNILLOS DE MUFLA.

Son de dos especies: 1.° *portátiles* de copelacion; 2.° *fijos* para ensayes por escorificacion. Los primeros son verdaderos hornillos de reverbero en medio de los cuales se coloca una pequeña pieza semi-cilíndrica que se llama *mufla*. Esta pieza estando rodeada por todas partes de combustible, se calienta fuertemente, i se pueden ejecutar en su interior todas las operaciones que necesitan acceso del aire, como la calcinacion o tuesta, la escorificacion i la copelacion, las cuales no se pudieran verificar con el contacto del carbon. Se hacen estos hornillos de diverso tamaño: los mas grandes son cuadrados como de 15 pulgadas seis líneas de ancho i 14 pulgadas ocho líneas de alto. Los mas chicos son elípticos, i su mayor diámetro no pasa de 8 pulgadas. Las mas veces se hacen de buena arcilla refractaria, i se consolidan con fajas de hierro ajustadas con tornillos i tuercas; pero en grandes injenios donde los tienen siempre con fuego, se hacen muchas veces de hoja de hierro gruesa, guarnecida interiormente con arcilla.

Los hornillos ordinarios constan de tres piezas, que se colocan unas sobre otras: 1.° el cenicero, 2.° el laboratorio, 3.° la cúpula.

El *cenicero*, tiene a lo ménos una puerta, es mas ancho que el cuerpo del hornillo i bastante grueso para sostener la base de éste, sobre muescas o entalladuras que hai en ella. El *laboratorio* u *hogar* en que se coloca la mufla, está con una reja en la parte inferior i tiene algunas aberturas. La primera es ancha i semicircular, i es por donde entra la mufla. La segunda se halla en la pared posterior, i por esta abertura entra en lo interior el ladrillo sobre que descansa la mufla. Otras aberturas sirven pasar en lo interior un alambre de hierro a fin de revolver el combustible, i hacerlo bajar en la reja. Comunmente se hacen en los tres costados e inmediatamente encima de la reja tres de estas aberturas que pueden cerrarse cuando se quiera, con unas puertas de arcilla cocida. Debajo de la mufla hai una tablita de la misma materia, que forma cuerpo con el hornillo, i se estiende por la superficie anterior: su uso es para poder sujetar la puerta de la abertura durante la copelacion. La cúpula se adapta exactamente al laboratorio, i se termina por un cañon de barro que le sirve de chimenea, i al cual se adapta un tubo de aspiracion de

hoja de hierro para producir una temperatura elevada. No hai mas que una abertura en la cúpula: ésta se halla en el lado anterior, es semi-circular i sirve para introducir el combustible.

Muflas. Las muflas son semi-cilíndricas, constan de una bóveda algo baja i de una área horizontal. Se hacen de la misma mezcla de arcilla i *cemento* que sirve para hacer crisoles: no es necesario que sean mui refractarias; pero deben ser firmes, de modo que no se rompan por las variaciones de temperatura. En la pared posterior de la mufla i en las dos laterales se hacen unas rajaduras horizontales de algunas líneas de largo; i es por donde se establece la corriente de aire que se necesita para las calcinaciones, copelaciones, etc. Para colocar la mufla, se levanta la cúpula, se sienta la mufla por un lado sobre el citado ladrillo, por el otro sobre el borde de la puerta; i se embetunan las junturas con arcilla. Importa mucho que la área o fondo de la mufla esté horizontal i al mismo nivel que la tablilla.

El pequeño hornillo elíptico de los señores Aufrye i d'Arcet tiene solo siete pulgadas nueve líneas de largo, i diez i nueve pulgadas cuatro líneas de alto. Su cenicero tiene solo una abertura en el lado anterior. El laboratorio tiene cinco aberturas: una de la mufla, otra para el ladrillo de atras; una tercera debajo de la tablilla, destinada para pasar un alambre con que se hacen caer en el cenicero las cenizas que tapan la reja: en fin, a la derecha e izquierda se hacen un poco encima de la reja otras dos aberturas que se cierran i abren cuando se quiere, i sirven para introducir el aire i templar el fuego. Se usan para este hornillo muflas de dos distintos tamaños: unas solo tienen dos pulgadas siete líneas de profundidad, i no pueden contener mas de una copela; otras tienen cuatro pulgadas, i son destinadas para recibir dos copelas, una atras de otra. La chimenea es de hoja de hierro, que tiene a lo ménos veinte pulgadas de alto.

Se hace uso para los hornillos de copelacion de una mezcla de carbon de leña i cok; pero se debe empezar siempre por calentar solo con el carbon de leña, porque el cok no se enciende sino cuando el hornillo ya está caliente. Cuando el calor llega al rojo, los grandes hornillos se pueden calentar con el cok puro; pero en los de mediano tamaño, se debe agregar siempre una cierta porcion de carbon de leña; i los chicos se alimentan solo con este último.

Gran horno de mufla de Platner en Freyberg, para ensayes por escorificacion.—(Lam. 6, fig. 4) (1). Se alimenta con carbon fósil. La mufla *a* puede contener hasta trece ensayes con sus escorificatorias; descansa por detras sobre tres pies *b b b*, hechos de la mejor arcilla refractaria, de los cuales el del medio es algo mas largo que los otros; i por el lado de la puerta se apoya sobre un ladrillo delgado tambien de la mejor arcilla posible i que atraviesa todo el ancho del hornillo de una pared a otra. Tiene

(1) Tb. Bodemans anleytung zur Probier cunst Clausthal 1857 p. 31.

esta mufla en su parte anterior una pulgada de desnivel i el plan de ella se halla a doce pulgadas sobre la reja cuyas barritas tienen tambien el mismo desnivel. Todo este espacio de doce pulgadas se llena con carbon fósil de Planen Grund que produce trece por ciento de residuo terroso en su combustion.

Sobre la mufla se halla una bóveda de ladrillos refractarios, dos pulgadas distantes de la mufla.

Las partes de apoyos *b b b* i *c* en que descansa la mufla se cubren con un poco de polvo de huesos molidos, i cuando se tira la mufla se tapan las hendiduras con arcilla cocida no mui molida. Las muflas duran mas que en los hornillos de mufla alimentados con carbon de leña. La reja consta de seis barras de hierro colado de una i media pulgadas separadas una de otra.

Las muflas son destinadas para recibir copelas, que son unos vasos hechos de huesos calcinados. Se hacen calcinar al efecto, hasta que se pongan bien blancos, huesos de cualquier animal; se pulverizan en un mortero o molino i se los pasa luego por un tamiz de un espesor determinado, debiendo evitarse tanto el que el polvo sea demasiado grueso como demasiado fino. Este polvo se lava con mucha agua a fin de limpiarlo de todas las sustancias salinas solubles, i despues se amasa el resíduo con agua, de modo que adquiera la consistencia de una pasta algo sólida, que se pone en moldes destinados a darle forma i magnitud conveniente. Estos moldes son de laton, i constan de tres piezas que se pueden separar fácilmente, a saber: de un *segmento de cono*, de un *fondo movible*, cuyas orillas circulares están cortadas por el mismo ángulo de inclinacion que las paredes interiores del segmento en que se apoya; finalmente, de un *molde interior*, que tiene forma hemisférica con un realce en su seccion, apoyado en los del *segmentos del cono*, i tiene un mango de madera o cobre de 1 ½ a 2 pulgadas de largo. Cuando se ha puesto ya en el *cono* la porcion necesaria de materia, se aprieta con los dedos, se quita el sobrante con una hoja de cobre, se rocia entónces la superficie con polvo finísimo de hueso i se introduce en ella el molde interior, dándole repetidos golpes con un mazo de madera, hasta que su realce toque con los del *cono* i quede bien formado el recipiente de la copela. Para sacar la copela del interior del molde, se coloca el asiento que es móvil, como se ha dicho, sobre una columnita de madera, cuyo diámetro es igual al suyo; cargando un poco sobre el *molde*, baja el cono i la copela queda entónces descubierta. ***Modo de hacer copelas.***

Formadas así las copelas i puestas en tablas, se dejan en paraje bien caliente con estufas en invierno hasta que por medio de la evaporacion espontánea pierdan la humedad supérflua i adquieran un principio de solidez, en cuyo estado se las mete en un horno, dándole el suficiente calor para que puedan cocerse.

Para dar a las copelas las calidades que deben tener, es preciso observar algunas reglas: 1.° el polvo de hueso no ha de ser ni mui grueso ni mui fino, pues en el primer caso dejaria entre

sus partículas espacios demasiado grandes, esparcidos con mucha desigualdad, de manera que la copela, despues de seca, quedaria demasiado porosa; i en el segundo al contrario, apretándose demasiado las partículas, no dejarian suficientes vacíos para recibir el óxido de plomo o litarjirio que resulta de la copelacion, i cuya introduccion no se verificaria, por consiguiente, sino con mucha dificultad; 2.° es necesario que la pasta de hueso no esté demasiado seca ni demasiado húmeda, porque en el primer estado no se haria homojénea con la presion, o quedaria tan compacta que no conservaria bastantes poros con relacion a su peso; i en el segundo, la superabundancia de agua que queda en la materia i puede no salir con la presion por estar exactamente cerrado el molde, dejaria demasiado vacío en lo interior de la misma al evaporarse, i semejante vasija, sobre ser mui frájil, podria tambien absorber plata.

APARATOS QUE SE CALIENTAN CON GAS DE ALUMBRADO.

Se usan actualmente en los laboratorios, con economía i comodidad, varios aparatos que se calientan con gas de alumbrado. En estos aparatos se puede graduar la temperatura i hacerla constante, abreviando i simplificando mucho las operaciones.

Los aparatos son de formas mui variadas, pero importa ante todo conocer la construccion de los tubos o *picos* que se emplean en estos aparatos, tubos en que se efectúa la combustion de gas i cuya construccion mui sencilla e injeniosa ha sido inventada por Bunsen.

Tubo o *pico* de Bunsen (bec de Bunsen, fig. 5, Lam. b).—El gas entra por el pico *b*, análogo en todo al que en el alumbrado produce la llama de una luz; sobre este pico se fija un tubo cilíndrico *t* de diez centímetros, poco mas o ménos, de altura i de un centímetro de diámetro. Este tubo, abierto por arriba, tiene en su parte inferior, un poco mas abajo que el orificio del pico *b*, varias aberturas laterales *o o* o. Al poner el tubo en comunicacion con el medidor, en *g* el gas sale del pico *b*, penetra en el tubo, sube i escapa por su orificio donde se puede encender. Pero en su movimiento ascendiente el gas arrastra consigo una cierta proporcion de aire que se ha introducido por las aberturas laterales o. El gas combustible i el aire se han mezclado en el tubo, de manera que lo que sale del tubo ya es una mezcla que arde con una llama azuleja, poco luminosa pero mui caliente. Para arreglar convenientemente el calor i aumentar o debilitar su intensidad, se rodea este tubo, en su parte inferior, con un otro tubito concéntrico metálico de tres a cuatro centímetros de altura, cuyo diámetro interior es igual al diámetro esterior del primero, al rededor del cual se puede hacer jirar el tubo esterior. Este tubito esterior lleva tantas aberturas laterales *c'* cuantas tiene el interior *c* i del mismo tamaño; de manera que haciendo jirar aquel sobre éste, cuando las de los dos tubos corresponden unas a otras, el gas recibe por estos

agujeros todo el aire que en su movimiento ascendente puede arrastrar; pero, haciendo mover el tubito esterior, en torno del otro, se puede tambien con aquel estrechar las aberturas *c c c* del tubo interior, cuanto se quiera, dejando al aire mas o ménos acceso.

Dizcos agujcreados.—En lugar de los tubos de Bunsen se emplean tambien unos discos metálicos, huecos que reciben el gas por debajo i lo exhalan por tantos agujeros mui pequeños cuantos se necesitan, abiertos en la parte de arriba, como se ve en la fig.

Hornillos de evaporacion.—Son de dos especies: unos se calientan con 4, 7, 9, i 12 tubos, como lo representa la fig. 6.

Otros con discos agujereados (fig. 7).

Hornillo para calentar tubos refractarios (fig. 8).—Una sèrie de tubos verticales de Bunsen, sencillos, reciben gas por debajo de un tubo horizontal rectilíneo, colocado horizontalmente i paralelo al tubo refractario que se quiere calentar. Las aberturas de los tubos en que arde el gas se hallan comprimidos en la direccion del tubo refractario para que produzcan llama estrecha i prolongada en esta direccion. Para evitar pérdidas de calor por irradiacion i de la ajitacion del aire, se cubre el hornillo por arriba i por abajo con pequeños ladrillos refractarios que no dejan entre sí, en la parte de abajo, sino espacio angosto estrictamente necesario para dar acceso al calor desarrollado en los tubos *t, t, t.*

Una disposicion análoga se da al aparato destinado para análisis orgánicos.

De mui diversos modos se puede disponer i arreglar la construccion de hornos i hornillos alimentados con gas, empleando *tubos* i *discos* de diferentes formas, cuya descripcion mas detallada omito (Un surtido completo de aparatos empleados para alimentacion de hornillos i lámparas en un laboratorio se halla indicado en la noticia sobre los instrumentos de precision construidos por Salleron. 2.ª parte, cuesta 80 fr. Paris, 1861, páj. 171).

CAPITULO III.

De los reactivos que se emplean en los ensayes por la via seca.

Hemos de distinguir cinco clases de sustancias que se emplean en los ensayes por la via seca, i llevan el nombre de *reactivos.*

1.° *Reductivos* o sustancias que producen la reduccion de los óxidos.

2.° *Reactivos oxidantes,* que sirven para oxidar.

3.° *Reactivos desazufrantes,* que producen la reduccion de los súlfuros.

4.° *Reactivos* azufrantes.

5.° *Flujos* o *fundientes* que facilitan la fundicion.

§ I. REDUCTIVOS O SUSTANCIAS QUE SIRVEN PARA REDUCIR LOS ÓXIDOS

Las sustancias que producen este efecto, son:
El hidrójeno,
El carbon,
Los aceites crasos, el sebo i las resinas,
El azúcar, el almidon i las gomas,
El ácido tártrico,
El ácido oxálico,
El hierro i el plomo metálico.

El hidrójeno no se emplea en los ensayes por la via seca, por ser complicados los aparatos que sirven para reducir los óxidos por medio de este gas.

El carbon es el reactivo mas comun que se emplea para reducir los óxidos en los ensayes por la via seca. El mejor carbon para esto, es el de leña bien seco, limpio, pulverizado i cernido. Todos los óxidos metálicos se reducen completamente por el carbon a una temperatura mas o ménos elevada. La ceniza del carbon no tiene casi ningun influjo notable sobre los resultados de un ensaye; pero hai dos inconvenientes que presenta el uso del carbon en los ensayes: desde luego, el carbon tiene la propiedad de combinarse con algunos metales, i por consiguiente de aumentar la lei del mineral; segundo, siendo infusible, i no pudiendo entrar en combinacion con las sustancias vítreas, queda esparcido en la escoria i entre las granallas del metal, se opone a la reunion de éstas en una sola esferilla, i hace difícil la fundicion cuando se halla en una cantidad mayor que la que se pueda quemar por el oxíjeno del óxido. No se puede remediar el primer inconveniente; pero la cantidad de carbon que entra en combinacion con algunos metales, como por ejemplo, con el hierro, el cobalto i el níquel, nunca excede 2 o 3 por ciento; i se compensa con la cantidad de óxido que queda sin reducirse en las escorias. Para evitar el segundo inconveniente, se debe procurar de no emplear sino la cantidad de carbon necesaria para la reduccion del óxido, sin exceso; o bien podemos reducir los óxidos por la via de cementacion en los crisoles de brasca o crisoles guarnecidos de carbon.

Los aceites crasos, el sebo i las resinas.—No son buenas estas sustancias para reducir completamente los óxidos, porque en jeneral se volatilizan a una temperatura menor que la que se necesita para reducir algunos óxidos; i por otra parte producen mucha efervescencia en la fundicion, pudiendo ocasionar pérdidas de la sustancia.

El azúcar, el almidon, las gomas.—Son mejores para operar la reduccion, porque no son volátiles, obran en los óxidos no solo por el carbon, sino tambien por el hidrójeno que contienen: pero tienen el inconveniente de producir efervescencia como las sustancias anteriores.

El ácido tártrico i el ácido oxálico, se emplean al estado de sales; el primero entra en la composicion del crémor que se usa mui a menudo en los ensayes i es bitartrato de potasa: sal que se descompone fácilmente por el fuego.

El ácido tártrico consta de—	carbono....	0,368
	hidrójeno...	0,030
	oxíjeno.....	0,602
		1,000

Obra, pues, este ácido por el exceso de carbono que contiene, siendo insuficiente su oxíjeno para trasformar todo su hidrójeno en agua i el carbono en ácido carbónico.

Poder reductivo de los citados reactivos.

Fundiendo los diversos reductivos con un exceso de litarjirio, segun el método que se va a describir en el artículo que trata de los ensayes del combustible, Berthier ha determinado el poder reductivo de estos reactivos; i ha probado que miéntras el carbono puro, como el diamante, es capaz de producir con el litarjirio 34 veces su peso de plomo.

El carbon de leña calcinado produce como	32	veces	su peso	de plomo
El id. de leña ordinario produce como	28	"	"	"
La resina...........................	14 ½	"	"	"
El azúcar...........................	14 ½	"	"	"
El almidon ordinario..............	11 ½	"	"	"
El ácido tártrico..................	6	"	"	"

Por consiguiente, el poder reductivo en estas diversas sustancias, varía como los números 32, 28, 14 ½, 11 ½ i 6.

Mui rara vez se hace uso en los ensayes por la via seca de un reductivo, sin que se mezcle al mismo tiempo con otra sustancia, que facilite la fundicion: estas mezclas se llaman *flujos reductivos*, i se hablará de ellas en el artículo de los flujos.

§ II. REACTIVOS OXIDANTES.

Los reactivos de esta clase son:
El oxíjeno del aire,
El litarjirio i el carbonato de plomo (cerusa),
Los silicatos i los boratos de plomo,
El nitrato de potasa,
El nitrato de plomo,
El peróxido de magnecia,
El deutóxido de cobre,
Los álcalis cáusticos,
Los carbonatos alcalinos,
Los sulfatos de plomo, de cobre, de hierro.

Se da por lo comun preferencia en los ensayes al uso del litarjirio, del salitre i de los carbonatos alcalinos.

Litarjirio. El *litarjirio* hace oxidar los mas metales, escepto el mercurio, la plata, etc.; i forma en jeneral compuestos mui fusibles con los óxidos: por esto se emplea mui a menudo en los ensayes de oro i de plata i es uno de los reactivos mas útiles.

El litarjirio es protóxido de plomo fundido: el que se halla en el comercio, proviene de la copelacion en grande del plomo; i en jeneral, el que tiene color rojo, suele estar mas puro, i por esto mejor para los ensayes que el amarillo.

La cerusa es carbonato de plomo. Cuando se somete a una temperatura elevada, se descompone en ácido carbónico que se exhala, i en protóxido de plomo: por esto, fundida en un ensaye, produce el mismo efecto que el litarjirio: solo siendo mas liviana que éste, necesita crisoles mas grandes; i a mas de esto, estando siempre mezclada con cierta cantidad de acetato o subacetato de plomo, puede a veces, cuando la funden, producir por sí sola 5 por ciento de plomo.

Accion del protóxido de plomo sobre diversos metales, i sobre el azufre por la via seca.

Sobre el azufre:—El óxido se reduce completamente por el azufre; se forma ácido sulfuroso que se exhala, i no se forma ácido sulfúrico.

Sobre el arsénico:—Si hai exceso de litarjirio, todo el arsénico se oxida; si no lo hai, una parte de arsénico se volatiliza, i otra se combina con el plomo reducido, formando un arseniuro, sobre el cual las escorias no ejercen ninguna accion.

Sobre èl antimonio:—El antimonio en parte se oxida, i forma escoria con el litarjirio, i en parte queda aleado con el plomo.

Sobre el zinc:—Una parte de zinc se volatiliza, otra queda al estado de óxido combinado con el litarjirio, formando una escoria cristalina amarilla. Para fundir el óxido de zinc, se necesita ocho veces su peso de litarjirio.

Sobre el hierro:—El litarjirio se reduce por el hierro; i se forma un óxido intermedio entre el protóxido i el óxido magnético, que pasa a la escoria; pero el exceso de hierro no se alea con el plomo.

Sobre el cobre:—El litarjirio no se reduce completamente por el cobre, i no lo hace pasar sino al menor grado de oxidacion: de esto resulta una escoria fusible, compuesta de dos óxidos i una aleacion de dos metales.

Salitre. *El nitrato de potasa* es un oxidante mui activo, por ser mui fácil de descomponerse, i porque tiene una gran proporcion de oxíjeno. Cuando esta sal se halla en exceso con las sustancias que la descomponen, entónces se desarrolla deutóxido de azoe, que se reconoce por el vapor amarillo que produce con el contacto del aire; i en este caso el salitre cede 0,237 de oxíjeno a las sustancias oxidables. Al contrario, cuando no se halla en proporcion suficiente para oxidar todas las sustancias, se desarrolla azoe casi puro, i la sal emite como 0,395 de oxíjeno.

Alcalis caústicos (potasa i sosa).

El carbon descompone los álcalis caústicos, apoderándose del oxíjeno del agua, i transustanciándolos en carbonatos; pero estando en exceso, descompone tambien los carbonatos, i separa de ellos el metal. El azufre, el fósforo i algunos metales oxidables como el hierro, el zinc, etc., descomponen tambien el agua de estos hidratos.

Los carbonatos alcalinos tienen la propiedad de oxidar algunos metales como el hierro, el zinc, el estaño, por la accion del ácido carbónico que contienen; una parte de este ácido se transustancia en óxido de carbono, i se produce un compuesto de álcali, de ácido carbónico i óxido metálico. No ejercen ninguna accion sobre el plomo, ni sobre el cobre ni el antimonio.

Los sulfatos de plomo, de cobre i de hierro tienen la propiedad de oxidar los mas metales, aun la plata; i es el ácido sulfúrico el que cede una parte de su oxíjeno pasando al estado de ácido sulfuroso.

§ III. REACTIVOS DESAZUFRANTES.

Los reactivos que quitan el azufre a las sustancias minerales, son:

El oxíjeno del aire,
El carbon,
El hierro metálico,
El litarjirio,
Los álcalis caústicos,
Los carbonatos alcalinos,
El salitre,
El carbonato i el sulfato de plomo.

Los reactivos que con este objeto se emplean en los ensayes con mayor frecuencia, son: el hierro, el litarjirio, los carbonatos alcalinos i el salitre.

El carbon descompone algunos súlfuros, como los de mercurio, de antimonio i de zinc, formando súlfuro de carbono; pero no se emplea en los ensayes sino para aumentar la enerjía de la accion de los álcalis i de los carbonatos alcalinos sobre los súlfuros.

El hierro descompone los súlfuros de plata, de mercurio, de plomo, de bismuto, de estaño, de antimonio i de zinc; pero no descompone sino en parte los súlfuros de cobre. Por esto se emplea frecuentemente en los ensayes, sea al estado de limadura, sea en unos clavos pequeños o pedazos de alambre. En lugar de hierro se puede hacer uso del óxido de hierro mezclado con carbon: hará tambien el mismo efecto el alambre grueso u hoja de hierro con que se revuelve el ensaye.

El litarjirio ejerce una accion mui enérjica sobre los súlfuros, aun en una temperatura poco elevada; es el reactivo que se emplea casi esclusivamente en los ensayes de los súlfuros que con-

tienen plata u oro: se obtienen estos metales al estado de aleaciones con plomo, i se separan por medio de la copelacion.

Cuando se emplea el litarjirio en proporcion suficiente, i el metal no es mui oxidable, pero fácil de alearse con el plomo, todo el azufre del súlfuro se desarrolla al estado de ácido sulforoso i el metal queda aleado con el plomo; pero si el súlfuro es de una base mui activa (como son los súlfuros alcalinos i alcalino-térreos), no se desarrolla ácido sulfuroso i se forma ácido sulfúrico que se combina con los óxidos.

La cantidad de litarjirio que se emplea.

La cantidad de litarjirio que se necesita para descomponer completamente los súlfuros, es considerable, i no es la misma para todos los súlfuros.

Cuando no se emplea en proporcion suficiente, solo una parte de súlfuro se descompone reduciéndose al mismo tiempo una parte de óxido de plomo; i los restos del súlfuro i del litarjirio forman entre sí i con el óxido metálico que se ha podido producir, un compuesto que pertenece a la clase de *oxisúlfuros*, i es comunmente mui fusible. El óxido de plomo i los súlfuros se hallan con tanta fuerza unidos en estas combinaciones, que la galena cuya accion es tan enérjica sobre el litarjirio puro, no puede separar plomo de un oxisúlfuro, cuando éste se halla saturado de súlfuro: ántes bien ella misma se une al mismo compuesto, sin sufrir la menor alteracion.

Tambien hai óxidos que combinándose con óxido de plomo, disminuyen considerablemente su accion sobre los súlfuros. Sin embargo, agregando a cualquier oxisúlfuro una cantidad suficiente de litarjirio, se puede siempre descomponer en totalidad el súlfuro que contiene.

Resulta de los esperimentos de Berthier que:

	veces su peso de litarjirio, i produce			veces su peso de plomo.	
El súlfuro de magnesia necesita	30	"	"	6 a 7	"
Proto-súlfuro de hierro	30	"	"	7	"
Persúlfuro de hierro o pirita	50	"	"	8 a 9	"
Súlfuro de cobre	25	"	"	7	"
Súlfuro de antimonio	25	"	"	5 a 6	"
Súlfuro de zinc (blenda)	25	"	"	6 a 7	"
Súlfuro de mercurio	16	"	"	2	"
Súlfuro de arsénico	50 a 60	"	"	10	"

Si se mezclan 1,000 de galena con 1,825 de litarjirio todo se trasforma en plomo.

Los álcalis caústicos i los carbonatos alcalinos descomponen cualquier súlfuro metálico. Se forman siempre unos súlfuros con base de metales alcalinos, i estos súlfuros retienen en combinacion una cierta cantidad de súlfuro con que se funden. En todo caso, si se añade el carbon, disminuirá la proporcion del súlfuro metálico detenido.

La reduccion al estado metálico de una parte de álcali que se

combina con el azufre, se hace unas veces por una parte de azufre del súlfuro metálico, cuando su metal es poco oxidable, i entónces se forma ácido sulfúrico que queda al estado de sulfato en la escoria: otras veces por el metal mismo, cuando es mui oxidable; pero con el carbon que se añade, ni el azufre puede pasar al estado de ácido ni el metal al estado de óxido, i entónces por este mismo carbon se reduce el álcali.

El salitre obra con mucha actividad sobre todos los súlfuros; i en algunos casos puede producir esplosion, o hacer salir la sustancia del crisol, si no se templa su accion por medio de una materia inerte, como el carbonato de sosa, que en tal caso no ejerce accion sobre el súlfuro, i solo hace apartar las partículas de la mezcla unas de otras, para disminuir el efecto. Las mas veces el salitre hace oxidar los dos elementos del súlfuro al mismo tiempo; pero si los súlfuros son de los metales poco oxidables, como la plata, el cobre, el plomo, se puede aislar estos metales al estado puro, empleando tanto salitre cuanto se necesita para oxidar solo el azufre del súlfuro.

§ IV. REACTIVOS AZUFRANTES.

Los reactivos que hacen pasar los metales al estado de súlfuros, son:

El azufre,
El súlfuro de mercurio (cinabrio),
La galena,
El súlfuro de antimonio,
Las piritas de hierro,
Los persúlfuros alcalinos.

La única sustancia que se emplea como reactivo azufrante en algunos ensayes i beneficios en grande es la pirita.

§ V. REACTIVOS FUNDIENTES O FLUJOS.

Se llaman *flujos* los reactivos que facilitan la fundicion de una sustancia mineral en un ensaye por la via seca. Se pueden clasificar los flujos en flujos no metálicos i flujos metálicos. Los primeros son:

1. La sílice,
2. La cal, la magnesia,
3. La alumina,
4. Los silicatos de cal i de alumina,
5. Los vidrios,
6. El ácido bórico,
7. El bórax,
8. El fluoruro de calcio (o fluspato),
9. El carbonato de potasa i el de sosa,
10. El salitre,

11. La sal marina,
12. El flujo negro i sus equivalentes,
13. El crémor o tartrato de potasa,
14. El jabon i varios flujos compuestos.

Los flujos metálicos son:

15. El litarjirio i la cerusa,
16. El vidrio de plomo (silicato de plomo),
17. El sulfato de plomo,
18. El deutóxido de cobre, el óxido de hierro,
19. I algunas mezclas metálicas.

Los flujos 12, 13 i 14, son al mismo tiempo fundientes reductivos; es decir, facilitan la fundicion al mismo tiempo que reducen el óxido; los demas producen solo el primer efecto sin poder verificar la reduccion.

Clasificacion en cuanto al uso. En cuanto al uso de los diversos materiales que se emplean como flujos en un laboratorio o en los beneficios en grande, éstos pueden clasificarse del modo siguiente:

A *Flujos especiales.*	1.° Silice i los silicatos de alumina o arcillas. 2.° Cal, magnesia, óxidos de hierro, etc. i sus carbonatos.
B *Flujos jenerales.*	3.° Litarjirio. 4.° Bórax.
C *Flujos alcalinos.*	Potasa, sosa del comercio (carbonatos.) Flujo negro, flujo blanco, etc.

Consideraciones jenerales. Todo mineral en estado en que se trae al injenio para ser fundido, o al laboratorio para ser ensayado, consta de dos partes, que son: la parte metálica, *útil*, la que contiene todo el metal que se quiere estraer; i la parte *estéril* o criadero.

Aquella puede ser compuesta de unos sulfuros, sulfo-arseniuros, sulfo-antimoniuros, etc., los que con escepcion de la blenda, son fusibles, los mas mui fusibles, i se separan en estado de *ejes* por su gran densidad, sin necesidad de flujos; o bien puede ser metal oxidado que tambien se separará en la fundicion si al propio tiempo logramos reducir su óxido; miéntras que la otra parte, es decir, el *criadero* será el único que podrá impedir la fundicion si no es fusible por sí solo.

Por esta razon el arte de fundidor consiste principalmente en el conocimiento de los criaderos i la eleccion de los fundientes mejor apropiados para cada criadero en particular.

Los criaderos son: o bien *ácidos*, los que nuestros fundidores llaman *secos*, o bien *básicos*. Los primeros constan de cuarzo, o de arcillas refractarias es decir de materias que contienen *exceso*, de sílice; los segundos constan por lo comun de carbonatos térreos i óxidos de hierro, de manganeso, etc. Ni los primeros ni los segundos son fusibles por sí solos; pero si a los primeros aña-

dimos en proporciones convenientes los segundos, o bien a los segundos los primeros, podremos en ambos casos formar *silicatos fusibles*, los que, fundidos, llevan el nombre de *escorias*.

Dar el grado conveniente de liquidez a estos silicatos es decir, a las escorias, es lo que constituye el verdadero acierto en las fundiciones; i para ésto, como para la eleccion de los citados fundientes, se necesita un conocimiento exacto de la fusibilidad de los silicatos en jeneral i en particular de los que pueden formarse en las operaciones metalúrjicas.

Muchos esperimentos hechos por Berthier, han probado:

1.° Que la fusibilidad de los silicatos *simples* alcalinos, térreo-alcalinos i térreos (de potasa, de sosa, de barita, de cal, de magnesia, de alumina) penden de la fusibilidad de la base, del grado de su afinidad con la sílice, i de la proporcion en que esta base se halla en el silicato. Por ejemplo, la potasa i la sosa siendo fusibles i bases salificables mui activas, sus silicatos son tambien fusibles i tanto mas cuanto mayor es la proporcion del álcali, miéntras que la cal, la magnesia, la alumina siendo infusibles i de menor enerjía para los ácidos que los álcalis, todos sus silicatos *simples* son mui refractarios. *Fusibilidad de los silicatos.*

La misma regla se observa entre los silicatos simples metálicos. *Por ejemplo*, el óxido de plomo siendo fusible i base salificable mas activa que el óxido de cobre, sus silicatos siempre son mas fusibles que los de cobre, i tanto mas cuanto mayor es la proporcion de la base.—Se advierte, sin embargo, que esta regla jeneral no se verifica cuando se comparan los silicatos de óxidos metálicos con los anteriores: por ejemplo, el óxido de plomo es mucho mejor fundiente que la barita, aunque ésta última lo hace precipitar de todas sus disoluciones.

2.° La fusibilidad de un silicato *multíplice* o polisilicato pende de la de los *simples*, que entran en su composicion; i parece que es siempre mucho mayor que la fusibilidad media de estos últimos. Esta regla es de la mayor importancia para la metalurjia, porque en ella se apoya el arte de fundir toda clase de criaderos minerales. En efecto, resulta de ella: primero, que cualquier silicato, por refractario que sea, se puede fundir con otro que sea fusible,—segundo, que el cuarzo i muchos silicatos infusibles o mui difíciles de fundir, pueden formar, combinándose con bases, algun silicato (escoria) fusible. Si tenemos, por ejemplo, un criadero compuesto de arcilla pura, refractaria, que es un silicato *simple* de alumina i a este silicato se agrega otra base como cal u óxido de hierro o de manganesa, se formarán en la fundicion silicatos dobles de alumina i de cal, de alumina i de hierro, de alumina i de manganesa, que podrán ser fusibles i mui fusibles: i si se agregan dos o tres bases al mismo tiempo, podrá resultar un silicato (una escoria) mui fusible, con tal que no haya gran exceso de las bases, las que no pudiendo fundirse por sí solas formarian un silicato mui básico, refractario.

Para hacer mas fácil la aplicacion de estos principios a la

práctica, citaremos los resultados de los muchos esperimentos de Berthier, hechos con los silicatos de cal, de magnesia, de alumina, de manganesa, de hierro, de cobre, de plomo i de plata.

Silicatos térreos.

Cal i magnesia.—La cal que sola no forma con la sílice silicato alguno fusible, puede facilitar la fundicion de varios silicatos infusibles o mui difíciles de fundir, entre otros, los silicatos de magnesia, que son todos mui refractarios.—Así, los silicatos siguientes:

	CMS^2	CM^2S^6	SM^3S^9	
Sílice	—0,390—	—0,575—	—0,704—	—0,733
Cal	—0,355—	—0,173—	—0 093—	—0,109
Magnesia	0,259—	—0,252—	—0,203—	—0,159

son todos fusibles, i producen esmaltes o piedras opacas, a veces semi-trasparentes. —El primer silicato se conoce en la mineralojía con el nombre de *olivina*: —el segundo tiene la composicion análoga a la de la *piroxena*: —el tercero se encuentra mui a menudo en las rocas de Chile, i se llama *anfíbola*.

Cal i alumina.—Aunque son infusibles los silicatos simples de cal i alumina, hai silicatos dobles que tienen por base estas dos tierras, i se funden completamente en los hornos.—La esperiencia ha probado que los mas fusibles son aquellos cuya composicion varía entre $(C\ A)S^2$ i $(C\ A)S^{\frac{1}{2}}$, i que el compuesto es tanto mas fusible cuanto mas se acerca, por la proporcion de sus bases, a la fórmula $C^2\ A$. El silicato C A se funde todavía mui fácilmente; pero el de $C\ A^2$ ya es mucho mas difícil de fundir. Resulta de esto que las arcillas refractarias siendo de la fórmula $A\ S^2$, se necesita, para facilitar la fundicion de ellas, añadir una cantidad de cal que varia entre C i C^2, o bien un equivalente de carbonato de calcio. Se hace todavia mas fácil de fundir la arcilla, añadiendo al mismo tiempo un poco de sílice, lo que no se necesita cuando se encuentra en la arcilla una cantidad notable de arena La práctica nos enseña que, cualquiera que sea la arcilla, se puede hacerla bastante fusible para las operaciones metalúrjicas, añadiendo como la mitad o tres cuartas partes de su peso de carbonato de cal. Las arcillas que tienen cierta proporcion de hidrato de alumina, necesitan que se añada al mismo tiempo la sílice i la cal.

Las arcillas no dejan de ser fusibles, aun cuando tienen un exceso de cal, si al mismo tiempo no tienen una proporcion mui considerable de alumina Una buena arcilla plástica (argile plastique) no se funde sino con 2½ veces su peso de carbonato de sosa.

Los silicatos que M. Berthier ha esperimentado como fusibles, son los siguientes:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sílice	—0,259—	0,410—	0,582—	0,437—	0,705.
Cal	—0,463—	0,368—	0,261—	0,260—	0,105.
Alumina	0,278 -	0,220—	0,157—	0,313—	0,190.

Los (2) i (3) tienen una composicion análoga á la de las escorias de los hornos altos.

El 4.° se encuentra en la naturaleza, i se llama *epidota.*

El 5.° es una especie de feldspato.

Manganesa.—Hai silicatos de manganesa, que se funden mui facilmente, como son los siguientes: Silicatos metálicos.

	Mn S	Mn S²
Sílice	—0,338	—0,466,
Manganesa	0,662	—0,534;

pero los mas fusibles son los que se componen de sílice, manganesa i cal, o bien de sílice, manganesa i alumina; de modo que el óxido de manganesa puede considerarse como una liga en la fundicion de los silicatos de cal i alumina.

Hierro.—La sílice forma con el protóxido de hierro unos silicatos mui fusibles.—Así, los que se componen de

	f²S	fS	fS²	fS³
Sílice ————	0,180—	0,310—	0,475—	0,575,
Protóxido de hierro	0,820—	0,690—	0,525—	0,425,

Son todos mui fusibles; i los mas constituyen las escorias de fragua.

Los silicatos de peróxido no son fusibles.

Los óxidos de hierro facilitan la fundicion de todos los silicatos térreos infusibles o difíciles de fundir.—Así, se funden mui facilmente todos los silicatos siguientes:

Sílice..................	0,337	0,329	0,403	0,376	0,361
Protóxido de hierro	0,364	0,475	0,175	0,420	....
Peróxido de hierro	....	....	....	....	0,306
Cal..........................	0,299	0,196	....	....	0,333
Alumina...............	....	....	....	0,204	....
Magnesia.............	....	....	0,422	....	....

Cobre.—M. Berthier ha esperimentado los silicatos siguientes:

	(1)	(2)	(3)
Sílice — —	0,177 —	0,301 —	0,393,
Protóxido de cobre	0,823 —	0,699 —	0,607.

El (1) apenas principia a fundirse al calor de 50° del pirómetro.

El (2) se funde mui bien en un vidrio violáceo.

El (3) se funde, i la materia se ablanda por el fuego, sin ponerse bien líquida.

Mezclando 58 p. de deutóxido de cobre con 42 de sílice i fundiendo la mezcla en un horno de ensayes, se obtiene un vidrio rojo; i por consiguiente el deutóxido se reduce a protóxido por el calor i por la accion de la sílice.

Protóxido de cobre i alumina.—El protosilicato de cobre facilita mucho la fundicion de los silicatos de alumina, formando silicatos dobles de cobre i de alumina.

Zinc i tierras.—Los silicatos simples de zinc no son fusibles, pero se funden mui bien añadiendo otras bases térreas.—Así, varios silicatos de zinc i cal, otros de zinc i de alumina i otros de zinc i de hierro se funden facilmente, produciendo vidrios o esmaltes mui homojéneos.

Plomo.—El óxido de plomo puede formar compuestos fusibles con todos los silicatos, si se añade en proporcion conveniente.

Un cristal es un silicato de plomo i de potasa.

Un silicato de cal i de alumina que necesita un calor mui intenso de 150° p. para fundirse, se derrite mui fácilmente a la temperatura de 60°, añadiendo $\frac{3}{4}$ partes de su peso de litarjirio.

Plata.—Sucede muchas veces que en las operaciones metalúrjicas el óxido de plata entra en combinacion con la sílice, i queda en las escorias. Este óxido facilita la fundicion de un modo todavia mas activo que el óxido de plomo.

Plata i plomo.—Cuando se funde la plata con sílice i sulfato de plomo o minio, resulta un vidrio que tiene 5 a 6 por ciento de óxido de plata.

Pasemos ahora a tratar de cada una de las tres clases de flujos arriba indicados.

A.—*Flujos especiales.*

Sílice.—La sílice es infusible, pero facilita la fundicion de los *criaderos básicos*, si se añade en proporcion conveniente para formar silicatos que no sean ni demasiado *ácidos* ni demasiado básicos.

La sílice que se emplea en los ensayes se prepara por medio de cuarzo mui limpio, sin color, o bien por medio de arena cuarzosa. La mas pura es la de *cristal de roca*:—para reducir este mineral a polvo, es bueno calentarlo hasta que tome color rojo i en este estado echarlo en el agua fria para que por este enfriamiento repentino las partículas se disgreguen mas fácilmente, i se puedan moler en polvo mui fino. Si se quiere tener sílice mui pura, es necesario hacer hervir este polvo con ácido clorhídrico para librarlo de hierro i otras sustancias atacables.

Arcillas refractarias.—Empléase con frecuencia para fundir los criaderos básicos, calisos o ferrujinosos en lugar de sílice o cuarzo puro, cualquiera arcilla refractaria, es decir, arcilla que contiene gran dósis de sílice: en tal caso con el elemento *ácido* (sílice) se introduce en la mezcla una otra base mas (la alumina), la cual, con las que existen en el criadero podrá formar un poli-

silicato fusible. Si el criadero es mui ferrujinoso, convendrá emplear una arcilla margosa.

En los beneficios en grande, costaria demasiado buscar con este objeto cuarzo puro que por lo comun forma *vetas* en medio de otras rocas; se prefiere, pues, mezclar los minerales de criaderos *básicos* calisos o ferrujinosos, con minerales de criaderos cuarzosos (secos), o bien con escorias mui *ácidas* (que tienen exceso de sílice); i solamente por falta de estos últimos minerales o escorias se emplean materiales arcillosos o rocas silicatadas con exceso de sílice.

Cal, magnesia, etc.—No se emplean estos óxidos al estado cáustico sino en estado de carbonato, porque el mismo efecto en los ensayes o fundiciones producen estos últimos que la cal o magnesia calcinadas. Cien partes de carbonato de cal o de piedra calisa pura que se emplean para cocimiento de las cales, equivalen a 56 de cal cáustica.

La cal como la magnesia son bases mui enérjicas i se emplean con mucha ventaja en los ensayes i fundiciones de los minerales cuyos criaderos abundan en sílice o son de cuarzo puro. Pero siendo los silicatos térreos simples poco fusibles o refractarios, conviene emplear la cal magnesiana, es decir, los dos óxidos a un tiempo, si el criadero es de puro cuarzo; o bien cal i materias ferrujinosas para que se formen unos posilicatos de composicion análoga a los silicatos mas fusibles de esta naturaleza: con tal que la proporcion de las bases no pase de ciertos límites.

Las piedras calisas, aun las que a simple vista parecen mui puras, contienen mui a menudo carbonato de magnesia, de hierro, de manganesa, etc. Las de Chile son por lo comun arcillosas i dejan en los ácidos un residuo mas o ménos abundante.

Oxidos de hierro, de manganesa, etc.—Se emplean con provecho en la fundicion de los criaderos mui *secos*, es decir, mui silicatados, minerales de hierro, ya manganesíferos, ya sin manganesa, con tal que la proporcion de ellos no pase de ciertos límites que corresponden a los silicatos de protóxidos de hierro i de manganesa fusibles. Estos minerales son por lo comun de hierro hidratado o peroxidado anhidro; i como los silicatos de peróxido de hierro son infusibles, conviene que se hallen en contacto con algun combustible que facilite la reduccion del peróxido al menor grado de oxidacion. Las escorias mui ferrujinosas tienen el defecto de corroer los ladrillos o materiales de los hornos, formando con ellos silicatos mui fusibles.

Se suele emplear en Chile como *flujo* en la fundicion de los minerales de cobre en los hornos de reverbero la pirita de hierro. En tal caso el azufre de la pirita sirve para azufrar el cobre e impedir su oxidacion, miéntras que el hierro de la misma pirita, al pasar en parte al estado de protóxido, sirve de fundiente *básico* a las sustancias silicatadas del criadero.

Fluoruro de calcio.—Empléase esta sustancia en los beneficios en grande como fundiente para minerales de criaderos mui silicatados (*secos*), i en tal caso produce doble efecto: en primer

lugar, volatilizando una parte de sílice al estado de fluoruro de silicio, disminuye su cantidad; en segundo lugar, formándose el óxido de calcio, éste concurre a formar unos polisilicatos calisos bastante fusibles.

Sobre todo es un flujo mui bueno para el sulfato caliso.

B—*Flujos jenerales.*

Los vidrios son unos silicatos multíplices i todos muì fusibles; por esto se usan como flujos en los ensayos. Los de botellas son ménos fusibles que el vidrio blanco, porque tienen una gran proporcion de alumina i poco álcali.

El bórax facilita la fundicion de todos los cuerpos en jeneral, porque tiene la propiedad de producir compuestos mui fusibles, tanto con la sílice como con las bases, formando con la primera un borosilicato i con éstas unos boratos multíplices que son todos fusibles; es mejor para ésto que el ácido bórico, porque es ménos volátil; sin embargo, no es fijo, i se volatiliza en cantidad mui notable a una temperatura elevada. Tiene tambien otro inconveniente, que es el de producir mucha efervescencia, cuando tiene agua, o está atravesado por algunos vapores o gases.

Calentando el bórax con los silicatos que tienen exceso de sílice, se volatiliza un poco de ácido bórico, i cuando los silicatos tienen exceso de base alcalina, se volatiliza una parte de álcali.

Se hace uso de bórax: 1.° para ensayar los minerales de oro o de plata a la temperatura de 20 a 27° p; 2.° para fundir varios minerales con intento de separar los sulfuros i los arseniuros metálicos de las tierras i materias pedregosas que constituyen el criadero, a fin de determinar la cantidad de *eje* que se pueda estraer de un mineral; 3.° para ensayar los minerales de hierro, de estaño, etc. a la temperatura de 130 a 150° p, con el contacto de carbon.

Se encuentra en el comercio dos especies de bórax: 1.° el *bórax ordinario* que cristaliza en pirámides, i contiene 47 por ciento de agua; 2.° el *bórax nuevo*, que cristaliza en octaedros, i tiene solo 30 por ciento de agua. El primero se conserva mui trasparente en el aire húmedo, i se pone opaco en el aire seco; el segundo, al contrario, se pone opaco en el aire húmedo, i es mas duro que el bórax ordinario.

No se debe hacer uso en los ensayes sino de bórax vitrificado, es decir, bórax sin agua, para evitar la efervescencia. Para preparar este bórax, se funde el del comercio en un crisol de platina, se pulveriza despues en un almirez de piedra i se conserva en una botella tapada.

El bórax vitrificado se compone de

Sosa 31

Acido bórico ...69

La cantidad de bórax que se necesita.

El bórax puede disolver por la via seca, una cantidad de varias bases, tanto mas considerable cuanto mayor es el calor en que se funde la mezcla. De esto resultan varios boratos dobles,

triples, etc., que todos son mas o ménos fusibles segun la fusibilidad de las bases que se añaden i la proporcion en que se mezclan con el bórax.

Así, todas las arcillas plásticas se funden bien con dos veces su peso de bórax al calor albo, i no necesitan mas que una cuarta o quinta parte de su peso de bórax para fundirse a la temperatura de 130° partes.—La sílice puede fundirse hasta con la sesta parte de su peso de bórax vitrificado, a una temperatura elevada, i la cal con una tercera parte de su peso del mismo bórax.

Por esta razon no se emplea en los ensayos mas que uno a uno i medio de bórax por una de las materias infusibles.

Litarjirio.—El litarjirio forma con la sílice i los silicatos infusibles, escorias mui fusibles, i tambien con los mas óxidos metálicos forma compuestos bastante fusibles; pero no se combina con los óxidos térreos (cal, alumina, magnesia), haciendo con éstos unas mezclas espesas, poco fusibles: por esto no es un flujo tan universal como el bórax. Sin embargo, su uso es jeneral en los ensayos cuando se quiere obtener una alcacion de plomo con los metales contenidos en el mineral que se ensaya, i en estos casos el exceso de litarjirio hace siempre el papel de flujo.

La proporcion en que se emplea el litarjirio como fundiente, es la siguiente:

La cal i la alumina necesitan diez veces su peso de litarjirio;
La magnesia todavia mas;

El sulfato de barita i el sulfato de cal	7 a 8	id. id.
El sulfato de cal........................	15 a 20	id. id.
El óxido de zinc........................	8	id. id.
El óxido de titano......................	8	id. id.

La *cerusa* (o albayalde) obra del mismo modo que el litarjirio; el vidrio de plomo (cristal) es mejor fundiente que el litarjirio para los criaderos con que no se combina el litarjirio i que no tiene sílice.

No se emplea el litarjirio sino en los ensayes que no necesitan una temperatura mui elevada: por ejemplo en los que se hacen con el calor de veinte i siete a cincuenta grados de pirómetro.

C.—*Flujos alcalinos.*

Carbonato de potasa i carbonato de sosa.—Estas sales no solo tienen la propiedad de oxidar, i de quitar el azufre, sino que tambien facilitan la fundicion de varias sustancias; i a este respecto obran como flujos.—Así, la sílice i varios silicatos verifican la descomposicion de estas sales, con desarrollo de ácido carbónico i formacion de silicatos, que son mas o ménos fusibles. Se puede facilitar esta descomposicion añadiendo carbon; i en todo caso, cuando se funden con algun silicato metálico estos carbonatos en presencia del carbon, los álcalis que se apoderan de la sílice, facilitan al mismo tiempo la reduccion del óxido metálico.

Los óxidos térreos (cal, magnesia, alumina) no tienen la propiedad de espeler el ácido carbónico de los carbonatos alcalinos, i no pueden entrar en ninguna combinacion con ellos; solo se esparcen i se mezclan íntimamente con la materia fundida, disminuyendo mucho su fluidez.

La cantidad de álcalis que se necesita.

Los mas óxidos metálicos descomponen en parte el carbonato de potasa o de sosa, haciendo salir una cierta cantidad de ácido carbónico i formando un compuesto triple de óxido metálico, álcali i ácido carbónico: para que este compuesto sea fusible, se necesita un exceso de álcali. Así el deutóxido de cobre mezclado con tres partes de carbonato de potasa, se funde en una escoria mui flúida, opaca, de color lacre al esterior i de color verde en el interior.

El hierro espático necesita de tres a cuatro veces su peso de carbonatos para fundirse.

El peróxido de manganesa	3	id.	id.	id.
El óxido de estaño —	5	id.	id.	id.
El óxido de zinc —	7 a 8	id.	id.	id.

El litarjirio se funde en todas proporciones con los carbonatos.

Es mui particular la accion que se verifica entre los carbonatos alcalinos i aquellos de los carbonatos térreos, que no se descomponen con el calor rojo. A esta temperatura se combinan, i forman una masa mui líquida; pero si se aumenta el grado de calor, los carbonatos térreos, descomponiéndose, producen efervescencia, la masa se pone mas i mas espesa, i al fin de la operacion se obtiene un resíduo infusible, que es una mezcla de carbonato alcalino i de óxido térreo cáustico. Así el carbonato de cal mezclado con dos veces su peso de carbonato de sosa, se derritió con el calor rojo en un líquido como agua, i cuando se aumentó el fuego hasta el calor albo, la masa perdió toda su fluidez. El sulfato de cal i el sulfato de barita, se funden cada uno con ménos de la mitad de su peso de carbonato de sosa.

La sílice o el cuarzo, las arcillas, los silicatos de cal, etc., necesitan seis a ocho partes de su peso de carbonatos alcalinos para adquirir una fluidez completa.

El salitre obra tambien como fundiente al calor albo, por la potasa que contiene.

Sal comun.—Se emplea a veces esta sal, sea para impedir el contacto del aire con la materia fundida, sea para templar la efervescencia. Mezclándola con un flujo, puede tambien facilitar la fundicion de algunas sustancias; pero tiene el inconveniente de ser volátil i de volatilizar algunos metales de un modo notable. Así calcinando en un crisol de tierra diez gramos de limadura de cobre puro i diez gramos de sal comun, toda la sal se volatiliza: añadiendo despues flujo negro para fundir i reducir todo el cobre, se obtiene solo 9,7 gramos de cobre, i por consiguiente hai una pérdida de tres por ciento, que no se puede atribuir sino a la vo-

latilizacion del metal por el cloruro de sodio. La sal comun no se combina ni con las tierras (óxidos térreos), ni con los óxidos metálicos, ni con los súlfuros.

Flujo negro i sus equivalentes.—Es el reactivo mas útil, i se emplea mui a menudo en los ensayes por la via seca. Consta de una mezcla de carbonato de potasa i de carbon mui fino: por esto produce la reduccion de los óxidos al mismo tiempo que facilita la fundicion, i es tambien desazufrante.

Modo de hacer el flujo negro.

El flujo ordinario se hace con 2 partes (a lo ménos) de crémor tártaro i 1 parte de salitre. Las sales deben ser puras, refinadas, que no tengan sulfato. Se muelen las dos sales por separado, despues se mezclan íntimamente i se echa la mezcla en una cazuela de hierro: se le pega fuego por medio de un carbon encendido i se deja arder el todo sin revolver la materia. Concluida la combustion, se muele el flujo ántes que se enfrie i se guarda en un frasco bien tapado, para que no atraiga la humedad.

Las mas veces se necesita un flujo que tenga mas carbon que el anterior; i para esto se prepara con 3 partes de crémor tártaro i 1 parte de salitre.

Inconveniente.

Estos flujos tienen el inconveniente de producir mucha efervescencia, sobre todo al principio de la operacion; por esto, no se debe llenar el crisol sino a los dos tercios de su capacidad, i como por otra parte algunos minerales difíciles de fundir, necesitan a lo ménos 3 partes de su peso de estos flujos, se sigue de allí que en muchos casos se han de emplear crisoles grandes.

Para evitar estos inconvenientes i hacer un flujo mas fundiente, suelen añadir los ensayadores una cierta proporcion de borax, i entónces es preciso ayudar la combustion del flujo, enrojeciendo la cazuela en un hornillo de calcinacion.

Flujo para ensayes de cobre.

Un flujo mui cómodo, particularmente para los ensayes de cobre, se hace del modo siguiente:

Se toma 5 partes de crémor-tártaro,
2 id. de salitre,
1 id. de bórax.

Se coloca la cazuela en un hornillo de calcinacion i se calienta hasta enrojecer el fondo; se echa despues la mezcla por porciones en la cazuela i se deja arder sin revolver la masa, continuando siempre en calentar la cazuela. En esta operacion se produce mucha efervescencia, se hincha la masa, i luego que toda se pone negra, inmediatamente, ántes que se enfrie i atraiga la humedad, se muele en un almirez de hierro i se coloca en una botella donde se ha de guardar bien tapada.

El carbon que se halla en el flujo negro, está al estado de un polvo impalpable, adhiriendo a las partículas alcalinas; por esto no impide la fundicion i está siempre esparcido de un modo uniforme en todas las partes de la materia fundida.

El flujo ordinario contiene cinco por ciento de carbon. El flujo que se prepara con dos i medio por ciento de crémor-tártaro bruto i uno de salitre, contiene ocho por ciento de carbon, i el que se hace con tres por ciento de crémor-tártaro i uno de salitre, tie-

ne doce por ciento de carbon. Suelen tambien contener estos flujos cuatro a seis por ciento de carbonato de cal, que proviene del crémor-tártaro, si se emplea este último *bruto*.

Mezclas equivalentes.—Se puede reemplazar el flujo negro con una mezcla de carbonato de sosa puro i fundido, con varios reductivos: el carbonato debe ser bien molido i cernido; el carbon que se añade se ha de moler tambien en polvo mui fino, i se emplea mui seco. Se pueden hacer tres clases de flujo:

Carbonato de sosa	94—	88—	82
Carbon	—	6—	12— 18;

pero ninguno puede adquirir tanta fluidez por el fuego como el flujo negro.

En lugar de carbon se puede tambien hacer uso de azúcar o de almidon.

Crémor-tártaro.—Esta sal consta de tartrato ácido de potasa i un poco de tartrato de cal: el crémor-tártaro bruto contiene tambien una cierta cantidad de materia vejetal, que le da un color lacre. El tartrato ácido puro consta de

Potasa	—	0,2488,
Acido tátrico		0,7038,
Agua	—	0,0474.

Este reactivo obra del mismo modo que el flujo negro, i es capaz de reducir mas óxido que el flujo, porque contiene mas combustible; pero, por la misma razon, tiene el inconveniente de hacer difícil la fundicion del mineral.

Flujos blancos.—Son unas mezclas de las mismas sales que entran en la composicion de los *flujos negros*, pero en las cuales el salitre se halla en proporcion mayor que la que se necesita para quemar todo el carbono del crémor. Así, por ejemplo, las mezclas en partes iguales o bien por 2 partes de crémor i 3 de salitre, son a un tiempo oxidantes i fundientes: equivalen a unas mezclas de carbonato de potasa i pequeños excesos de salitre.

Flujos compuestos.—Muchos flujos compuestos no metálicos han sido inventados por los ensayadores; pero ninguno, segun la opinion de Berthier, es tan bueno i tan cómodo como el flujo negro. Así, el flujo de Crammer consta de

Crémor-tártaro 60,
Vidrio molido 30,
Carbon — 10.—Este flujo tiene demasiado carbon, i debe ser poco fusible.

Flujo de Pelair.—Vidrio — 50
Sal comun 50.—Este flujo no sirve sino para librar la sustancia fundida del contacto del aire, i para esto es preferible la sal comun pura.

Flujo de Guyton.—Vidrio molido 85
Bórax — 10
Carbon — 5.—Este flujo puede ser bueno para hacer ensayes con una temperatura elevada: es un vidrio mui fusible; pero no lleva ninguna ventaja al bórax puro.

Flujo de Chaptal.-Bórax — 60
Cal — 6
Salitre — 34.—El bórax puro es preferible a este flujo.

CAPÍTULO IV.

Los combustibles i modos de ensayarlos.

§ I.—DE LOS COMBUSTIBLES EN JENERAL I DEL MODO DE ENSAYARLOS.

Los combustibles se componen esencialmente de carbon, hidrójeno i oxíjeno; mui a menudo contienen tambien azoe. Estos cuatro elementos se hallan en proporciones mui variables, pero siempre de modo que el carbon i el hidrójeno *sobran*, es decir, se hallan en cantidad mas que suficiente para formar con el oxíjeno, ácido carbónico i agua. *Composicion.*

Este *sobrante* de carbon i de hidrójeno, se combina con el oxíjeno del aire, cuando el combustible se pone a un grado de calor tan elevado que se enciende. Durante esta combinacion, que se llama combustion, se desarrolla mas o ménos colórico. La combustion se verifica unas veces con llama, otras veces sin ella. Cuando el combustible no contiene ningun *sobrante* de hidrójeno, o bien cuando la combustion es tan completa que de ella no resulta ningun otra cosa mas que ácido carbónico i agua, el combustible arde sin llama; i por lo contrario, se produce llama cuando el combustible es capaz de dar por destilacion gases o vapores que pueden arder, o lo que es lo mismo, absorver oxíjeno del aire. La llama tanto mas relumbra cuanto mas *carbono* contiene; i en jeneral, las llamas se consideran como unas mezclas de gases i vapores, que en el acto de combinarse con el oxíjeno del aire, encierran todavia en su interior partículas de carbon, las cuales, por el mismo desarrollo de calórico que proviene de esta combinacion, se calientan hasta ponerse luminosas. *Llama.*

Desicacion.—Para determinar la proporcion del agua higrométrica contenida en un combustible, se calienta cierto peso determinado de este combustible reducido a polvo i colocado en una tacita de platina o de porcelana, en baño maria, a la temperatura de 100°, i se prolonga la operacion hasta que, pesando el residuo repetidas veces, cese de disminuir su peso. Algunos combustibles retienen todavia cierta cantidad de agua higrométrica a esta temperatura, i en tal caso no se puede determinar la totalidad de ella por desicacion.

Carbonizacion. Calentar un combustible sin contacto del aire, se llama *carbonizarlo*; en esta operacion se exhalan todas las sustancias gaseosas i líquidas; i cuando el calor se ha llevado al apuntar calor rojo albado i por un tiempo suficiente, no queda otra cosa mas que una masa sólida, negra, que se llama *carbon*, cuando proviene de los combustibles vejetales, i se llama *cok* cuando resulta de la carbonizacion de un combustible mineral.

Destilacion. Carbonizar en unos vasos cerrados, se llama *destilar*. Las sustancias gaseosas que se desarrollan en la destilacion de los combustibles, son: ácido carbónico, óxido de carbono, hidrójeno puro, hidrójeno proto-carbonado, azoe, amoniaco e hidrójeno sulfurado. Estos gases se hallan casi siempre mezclados con unos vapores aceitosos, que no se condensan por la presion atmosférica. Las sustancias líquidas, que provienen de la misma destilacion, son: agua, unas veces amoniacal, otras veces acidulada por el ácido acético, varios aceites (huiles empyreumatiques, pirogénées) mui líquidos, de color amarillo pálido, i en fin, aceites espesos de un amarillo pardo, que se llaman alquitran.

Para adquirir conocimiento de un combustible, en cuanto un metalurjista tiene necesidad de conocerlo para sus operaciones, es preciso determinar en un *ensaye inmediato* su modo de arder, la naturaleza i la proporcion de los gases, de los líquidos i del carbon que se producen, ya sea en la destilacion, ya en la calcinacion de este combustible sin contacto del aire, i en fin, la cantidad del calórico que emite en su combustion. Esta cantidad de calórico que un combustible emite o puede emitir en circunstancias determinadas, se llama *poder calorífico*.

Modo de ensayar un combustible. El aparato mas sencillo para un ensaye inmediato, es una pequeña retorta o un tubo de vidrio como de cinco líneas de diámetro, cerrado por un estremo i encorvado en forma de una retorta. Se adapta a la boca de este tubo un corcho atravesado por un tubo mas angosto i tambien encorvado, de modo que pueda conducir los gases al recipiente de una cuba de mercurio. Se introduce en el fondo (es decir en la panza) de la retorta un peso determinado, por ejemplo, de diez a veinte gramos de combustible reducido a polvo grueso, o mejor unos pedacitos pequeños: un polvo demasiado fino se adheriria al cuello de la retorta en todo su largo, sin pasar al fondo. Despues se une el tubo angosto con la retorta i se introduce la parte encorvada del tubo o de la retorta en el hueco formado con pedazos de carbon de leña dispuestos en bóveda: de manera que solamente esta parte encorvada reciba el calor del hornillo i no el cuello que sale afuera; i el cuello debe estar algo inclinado hácia su estremo abierto, a fin de que las sustancias líquidas puedan pasar a esta parte sin recaer en la panza.

Se principia por calentar lenta i gradualmente; i al fin se aumenta el fuego hasta ablandar el vidrio. Despues se deja enfriar completamente el aparato, i cuando ya está a la temperatura del aire, se mide el volúmen del gas en el recipiente, se corta con una lima la panza o la parte corva del tubo ancho donde se halla el

carbon, se hace despegar este último i se pesa inmediatamente. En cuanto a las materias líquidas, solo se puede recojer una parte de ellas, la que se reune en la parte encorvada del tubito angosto, miéntras que todos los líquidos espesos, principalmente los aceites que se desarrollan al fin de la operacion, adhieren fuertemente al vidrio. Se determina el peso de éstos, pesando primero el tubo con los líquidos pegados al vidrio, despues se quebranta el mismo tubo en pedazos gruesos, se vuelve a calentar con el calor rojo, hasta que se ponga perfectamente limpio, i otra vez se pesa. La pérdida del peso corresponde al peso de los líquidos que habia adentro.

Sustancias líquidas.

Cuando se quiere solo examinar las sustancias líquidas, que se producen en la destilacion, se hace la operacion como ántes; pero en lugar de adaptar al cuello de la retorta otro tubo i hacerlo parar en la cuba de mercurio, se mete la boca de la retorta sucesivamente durante la operacion en unos pequeños matraces o botellitas livianas de peso bien conocido: cambiando estas botellas de tiempo en tiempo, i volviendo a pesarlas, se recojen separadamente diversas fracciones de las materias líquidas, que corresponden a diversas épocas de la destilacion. Para tener la proporcion total de los líquidos, se debe agregar a estas fracciones el peso de los líquidos que adhieren al cuello de la retorta, este peso se determina por el método anterior.

Carbon.—Cuando la destilacion se hace en unos aparatos de vidrio, siempre se obtiene una proporcion de carbon demasiado grande, porque no podemos aumentar bastante fuego para hacer salir todas las sustancias volátiles, sin que se funda al mismo tiempo el vidrio. Por esto, para conseguir exactamente la proporcion de carbon, lo mejor es poner en un crisol de platina 100 a 200 granos (diez gramos) de combustible; i colocado este crisol bien tapado en otro un poco mas grande e igualmente tapado, esponer todo a un calor rojo albado en un hornillo de calcinacion. Para evitar que una parte del carbon, cuyo peso queremos determinar, se consuma con el contacto del aire, se ponen tambien encima de la tapa del crisol interior, algunos pedacitos de carbon, a fin de que el aire esterior que entra, siendo absorbido por estos pedacitos i convertido en ácido carbónico no pueda ejercer alguna accion sobre el combustible que sometemos a la destilacion.

Ceniza.—Para determinar la proporcion de la ceniza, se toman 200 granos (diez granos) de combustible en polvo: i se calcinan con el contacto del aire en una pequeña tacita de porcelana o de platina, teniendo cuidado de revolver el polvo con una espátula o con un alambre de platino, a fin de renovar la superficie de todo, i evitando el perder las partículas mui finas de la ceniza, que se van comunmente al aire con mucha facilidad. Se hace esta operacion en la mufla de un hornillo de copelacion, o sobre la llama de una lámpara de alcohol; pero se puede tambien operar en un hornillo de calcinacion ordinario. Se examina, en seguida, si la ceniza obtenida es alcalina, fusible, si hace efervescencia con los ácidos, si es calisa, ferrujinosa o arcillosa.

Poder calorífico.—Se sabe que no todos los combustibles, por igual peso, emiten igual cantidad de calórico cuando arden; esta cantidad no se puede medir de un modo absoluto; pero se puede comparar las diversas cantidades de calórico emitidas en la combustion de diversos combustibles, comparando entre sí los efectos que estas cantidades producen. Para comparar estos efectos, unas veces se busca cuanta agua los diversos combustibles pueden evaporar; otras veces, cuanto hielo pueden derretir, i otras veces, de qué cantidad de agua pueden aumentar la temperatura de un grado del termómetro o bien, lo que es lo mismo, de cuántos grados puede elevar la temperatura de un peso de agua igual al de combustible: en todo caso se supone que la combustion se verifica completamente i en las mismas circunstancias. El último término de comparacion es el que se usa actualmente; i se toma por unidad de comparacion (unidad calorífica), la cantidad de calórico que absorbe un peso de agua igual al peso del combustible consumido, para elevar 1.° de temperatura mas la que tenia: esta unidad se llama *caloría* (calorie).

La determinacion del poder calorífico en *calorías*, se hace directamente por medio del calorímetro del Rumfort, que se compone de una cuba rectangular de cobre delgado, sostenida por cuatro pies, i atravesada por un serpentin horizontal. Este serpentin está abierto por un estremo en la parte inferior de la cuba, i por el otro en la parte superior; en la boca de aquel estremo terminada en forma de embudo, se hace arder sobre una rejilla un peso determinado del combustible que se intenta examinar; i en la cuba se vierte un peso determinado de agua por una abertura hecha en la misma pared de la cuba, teniendo cuidado de tapar esta abertura con un corcho atravesado por un termómetro.

El calorímetro de Rumford da siempre resultados inexactos por la pérdida de calórico que es inevitable, tanto en el hogar mismo, por el calórico radiante que se dispersa en todos sentidos, como por el que llevan consigo los gases de combustion al salir del serpentin. Varios otros calorímetros mas perfectos se han propuesto i se han empleado para obtener resultados exactos; pero los mas tienen el inconveniente de ser demasiado complicados, inaccesibles al uso de los ensayadores i los fundidores, i exijen prolijidad que solo en las investigaciones puramente científicas es dado de practicar.

De todos los métodos que se han inventado para determinar el poder calorífico de un modo aproximativo, el mas fácil i mas pronto para los metalurjistas es sin duda el método de Berthier por medio del litarjirio.

Método de Berthier.

Ensaye de un combustible por el litarjirio.—Este método se funda en la suposicion de que las diversas cantidades de calórico emitidas por la combustion de los diversos combustibles, se hallan exactamente entre sí en razon directa de las cantidades de oxíjeno que estos combustibles absorven durante la combustion. Si esta suposicion fuera exacta se podria, conociendo bien

de qué elemento se compone un combustible, determinar por el cálculo su poder calorífico. En efecto, bastaria para esto buscar con cuanto oxíjeno deberia combinarse el combustible (a mas del oxíjeno que tiene él mismo) para que se transformase completamente en ácido carbónico i agua, i comparar despues esta cantidad con la que se absorve por otro combustible cuyo poder calorífico se ha determinado por esperiencia, por ejemplo, por el carbono puro.

Admitido este principio, resulta que, sin conocer la composicion de un combustible, se podrá determinar su *poder colorífico*, siempre que se pueda determinar el peso del oxíjeno que un peso determinado de este combustibles absorbe durante la combustion. Esto se consigue mediante algunos óxidos, que se reducen con facilidad cuando se los hace calentar con un combustible, sin que alguno de sus elementos pueda escaparse a la accion del oxíjeno, o desarrollarse al estado de vapor durante la operacion. Conociendo, pues, la composicion del óxido, se conocerá siempre el peso de oxíjeno absorbido por el combustible, por el peso del metal que resulta de aquella reduccion, con tal que el metal i el óxido sean fusibles, porque de otro modo seria imposible separarlos. Ninguno de estos óxidos reune propiedades mas ventajosas para estas clases de operaciones, que el litarjirio, que es mui fusible, mui reductible, i no deja escapar ningun elemento del combustible sin quemarlo, ménos algunas sustancias betuminosas mui volátiles de algunos combustibles minerales.—La operacion se efectúa del modo siguiente.

Se toma un gramo (veinte granos) de combustible reducido al polvo mas fino posible; i se mezcla con una cantidad de litarjirio un poco mayor que la que puede reducirse por este gramo de combustible, la cual será lo menos veinte gramos, i cuando mas cuarenta gramos, variando esta proporcion segun la naturaleza i el aspecto del combustible. Se introduce esta mezcla al fondo de un buen crisol de tierra refractaria; i se ponen por encima veinte a treinta gramos de litarjirio puro: el crisol no se debe llenar sino cuando mas, a la mitad de su altura. Se coloca este crisol sobre un apoyo en un hornillo de calcinacion, que se ha de calentar de antemano, i debe estar con carbon bien encendido; se tapa el crisol con su tapa de tierra; i se va aumentando el fuego teniendo cuidado que el carbon no esté mui apretado, no sobresalga de los bordes del crisol, i el aire tenga libre circulacion por la reja i cubra los pedazos del carbon: porque en el caso contrario habrá algo de litarjirio reducido por los gases. A medida que la operacion avanza, la masa se ablanda, hierve, se hincha, i al fin se funde; luego que esté fundida, se cubre la tapa del crisol con carbon; se adapta el tubo de aspiracion; i se da un golpe de fuego por diez minutos, a fin que todo el plomo que se ha reducido, pueda reunirse en una sola masa. Se saca el crisol, se enfria al aire, se quiebra; i se retira la esferilla de plomo que se pesa. Cuando este plomo es poco dúctil, i se divide en hojitas, es prueba que la operacion se ha hecho demasiado pron-

Operacion.

to, i que el metal se halla todavia penetrado de un poco de litarjirio, que no deja de aumentar sensiblemente su peso. Aunque ésto poco influye en los resultados del ensaye, mejor es volver a repetir la misma operacion, manteniendo el crisol en el fuego por un poco mas tiempo que ántes, sin prolongar demasiado esta operacion, porque en este caso se corroeria el crisol, i se agujerearia.

Precauciones. En lugar de dejar enfriarse la masa en el crisol, se puede vaciarla inmediatamente en un molde de hierro; i de este modo, si el crisol es de buena calidad, puede servir para dos i aun tres operaciones. Conviene sin embargo tomar un crisol nuevo para cada ensaye, cuando se quiere obtener resultados exactos; i aun se debe repetir cada operacion a lo ménos dos veces. Se advierte tambien que, para adquirir seguridad, solo se debe contar con los resultados, que no se diferencian entre sí de mas de uno a dos decígramos (dos a cuatro granos) de plomo.

Cuando el combustible es mui betuminoso o emite muchas materias volátiles que producen en su combustion llama, se debe emplear mayor proporcion de litarjirio tanto para la mezcla como para cubrirla por encima; i aun con esta precaucion es difícil evitar que una parte de materias volátiles combustibles escapen a la accion del litarjirio, ántes que la temperatura de la masa suba al calor rojo.

El mejor litarjirio del comercio es siempre algo rojizo, porque contiene un poco de mínio. La porporcion de este último es comunmente mui pequeña: sin embargo para que no influya en los resultados, se evita de agregar gran esceso de litarjirio; o bien, se funde de antemano el litarjirio en un crisol sin adicion de carbon, o con adicion solo de una milésima parte de su peso; se deja enfriar la masa en un crisol tapado, se la muele despues, se cierne, i se hace uso de este litarjirio purificado, como se ha dicho ántes.

Cálculo. Se sabe que el *carbono* puro produce con el litarjirio puro treinta i cuatro veces su peso de plomo, i el hidrójeno 103,7 veces su peso; es decir un poco mas que tres veces tanto como el carbon. Con estos datos se puede determinar el equivalente de un combustible, sea en *carbono*, sea en hidrójeno, es decir a cuanto *carbono* o hidrójeno equivale un combustible con respecto a su *poder colorífico*. Cuando un combustible contiene materias volátiles, se sabe la proporcion de ellas por una análisis inmediata. Conociendo, pues, la proporcion de plomo que proviene del ensaye del mismo combustible, sabremos a cuánto carbono equivalen las sustancias volátiles: i por consiguiente de qué valor o *poder calorífico* son las sustancias que se pierden comunmente en la *carbonizacion* de un combustible. Supongamos que un combustible destilado, como hemos dicho ántes, produce una cantidad C de carbon i otra U de sustancias volátiles; i que a mas de ésto, dá un peso P de plomo en un ensaye por litarjirio. La cantidad C de carbon corresponderia a treinta i cuatro veces C de plomo; i por consiguiente restando esta cantidad de plomo del

peso P de plomo (es decir P-34 C), obtendremos la cantidad de plomo que producen con el litarjirio las sustancias volátiles; i como la cantidad de *carbono* que corresponde al plomo, es treinta i cuatro veces menor que éste, luego $^1/_{34}$ (P-34 C) será equivalente en carbon, a la parte volátil del combustible.

Ejemplo:—Un gramo de carbon fósil de Concepcion fundido con cuarenta gramos de litarjirio, ha dado 21 gramos, 188 de plomo.—Diremos: si 34 gramos de plomo corresponden a un gramo de carbon puro, 21 gramos, 188 de plomo han de corresponder a $^1/_{34}$ (21 gramos, 188)=0 gramos, 623; es decir que cada 1,000 quintales de carbon fósil de Concepcion equivalen a 623 quintales de carbon puro. Pero diez gramos del mismo carbon fósil sometidos a una analísis inmediata, es decir destilados, calcinados etc., han dado

de carbon fijo, gramos	4,106	por un gramo, gramos			0,4106
ceniza gramo	0,284	—	—	—	0,0284
materias volátiles, líquidas i gaseosas	5,610	—	—	—	0,5610
gramos	10,000				1,00000

Todo el plomo que provenia de un gramo de combustible, pesó 21 gr., 118=P; luego 0 gr. 4106, de carbon puro hubieran producido solo

34 veces 0 gr. 4106, es decir, 13 gr. 96 de plomo;

por consiguiente, restando esta cantidad de 21 gramos, 188, lo que queda, es decir, 7 gramos 228 es la cantidad de plomo que se ha reducido por la combustion de las materias volátiles; i como la cantidad de carbon puro que corresponde al peso del plomo, es siempre treinta i cuatro veces menor que éste, se sigue de allí que las sustancias volátiles de un gramo del combustible, equivalen con respecto al efecto calorífico que pueden producir, solo a 0 gramos, 212 de carbon puro, o bien a 212 quintales de carbon por cada 1000 quintales de combustible.

Estas operaciones tan sencillas i fáciles de verificar, dan a conocer el valor relativo de diversos combustibles, i pueden indicar el mejor partido que se pueda sacar de ellos.

Ahora, conociendo la proporcion de plomo que un combustible puede producir con el litarjirio, resta saber: ¿cómo se deduce de esto la *capacidad calorífica* del mismo combustible en *calorías?* Se sabe por unos esperimentos directos, hechos con la mayor prolijidad por Despretz, que una libra de carbon puro emite en su combustion tanto calórico, que con él puede hacer subir la temperatura de 7815 libras de agua de cero a 1° del termómetro cent.; esto quiere decir que el carbon puro emite en su combustion 7815 unidades caloríficas o calorías. I como el carbon puro produce con el litarjirio treinta i cuatro veces su peso de plomo, se sigue de esto que cada parte de plomo corresponde a 7815. $^1/_{34}$=230 unidades o calorías. Aplicando esto a nuestro ejemplo, veremos, pues, que el carbon fósil de Concep- *Caloría.*

cion, produciendo 21.2 veces su peso de plomo, cuando se funde con el litarjirio, su capacidad calorífica o poder calorífico es 230 veces 21.2, lo que equivale a 4896 *calorías.*

Defectos del método i su utilidad.

El método de Berthier, a mas de ser fácil i cómodo, seria mui exacto, si la suposicion en que está fundado, "*que las cantidades de colórico emitidas por diferentes combustibles son proporcionales a las cantidades de oxíjeno absorvido*" fuera exacta. Pero la cantidad de calórico producida en la combustion debe precisamente depender de la capacidad calorífica de los cuerpos producidos en esta combustion, i tambien, los cuerpos que por su combustion producen algun compuesto sólido o líquido deben emitir mas calórico que los que en igual caso producen algun gas.

Es por consiguiente natural que el carbon convertido por la combustion en óxido de carbon o ácido carbónico, i el hidrójeno en agua, no deben producir cantidades de calórico proporcionales a las de oxíjeno absorvido, i los esperimentos de Dulong confirman completamente esta suposicion.

En efecto, resulta de los datos hallados en los papeles de este sábio, despues de su muerte, que el poder calorífico del hidrójeno i del carbono que pasa a diversos estados de combinacion con el oxíjeno, puede representarse por los números siguientes:

Hidrójeno, en calorías	34,742
Carbono al pasar al estado de óxido	1,386
Id. al pasar al estado de ácido	7,170

Por consiguiente, apesar de que, por igual peso de combustibles, el hidrójeno absorbe como tres veces mas oxíjeno que el carbono al convertirse en ácido carbónico, el primero en su combustion emite casi cinco veces mas calórico que el segundo. I como los combustibles empleados en la metalurjia contienen, segun hemos dicho (pájina), a mas de carbono, un exceso de hidrójeno cuya proporcion es mui variable, i en cuya combustion se desarrolla mucho mas calórico que lo que se supone en los ensayes de Berthier, resulta que los resultados de estos ensayes dan para el poder calorífico números siempre inferiores a los verdaderos i tanto mas inexactos cuanto mas hidrójeno contiene el combustible.

¿Cómo se determina el poder calorífico exacto?

Pero estas consideraciones nos revelan que sin someter un combustible cualquiera a una combustion completa, i sin necesidad de apreciar directamente los efectos caloríficos de esta combustion, podemos de antemano calcular el poder calorífico de este combustible si conocemos su composicion, es decir, las proporciones de carbono, oxíjeno e hidrójeno que lo constituyen.

Admítese para esto, que la cantidad de calórico desarrollado por un combustible compuesto, es igual a la suma de las cantidades de calórico producidas por sus elementos: se entiende que se ha de restar de la cantidad total del hidrójeno lo que se absorbe por el óxijeno del combustible. Tomemos por ejemplo la antracita de Pensilvania cuyo análisis ha dado:

Carbono	0,9045
Hidrójeno	0,0243
Oxíjeno	0,0245
Ceniza	0,0467

Restando de la cantidad de hidrójeno la que corresponde a 0,0245 de oxíjeno, tenemos 0,0209 para el exceso de hidrójeno cuya combustion produce calórico. En tal caso el poder calorífico total del combustible será igual a

$$0.9045\times7170+0.0209\times34742=7211.$$

Este resultado presenta la mayor exactitud de que son susceptibles los métodos científicos actuales. Pero el análisis exacto del combustible es operacion mui delicada que no siempre podrá efectuar un ensayador o director de establecimientos metalúrjicos i no por esto hemos de renunciar al uso mui fácil i cómodo del método de Berthier. Sus resultados, en primer lugar, poco se apartarán de los verdaderos, para los combustibles que contienen mui poco hidrójeno en exceso, como son los antracitas, el cok, el carbon calcinado, algunas leñas, turbas, etc., en segundo lugar, determinado que sea por este método i del modo como está indicado en la pájina 49 la cantidad de calórico que produce la parte volátil del combustible, se sabrá, por esta cantidad, el grado de confianza que podrá inspirar el ensaye; pues, en jeneral, esta cantidad de calórico pende en gran parte de la cantidad del hidrójeno que se halla en exceso, i el ensaye será tanto mas aproximado a la verdad cuanto menor sea el poder calorífico de la parte volátil del combustible. En fin, a pesar de que las materias volátiles combustibles varian de composicion i pueden ser mas o menos hidrojenadas en las diversas especies de carbon, leña o turba, los ensayes de Berthier darán resultados comparativos en la práctica bastante exactos, a lo menos para combustibles de la misma naturaleza i de cantidades de calórico suministradas por sus partes volátiles poco variables.

Por otra parte *el anális elemental exacto* de un combustible, hecha del modo como se analizan las *sustancias orgánicas*, tiene su importancia científica, pero por sus resultados no se podrá juzgar con seguridad de la naturaleza del combustible analizado, de su uso i propiedades útiles para la industria en jeneral i principalmente para la metalúrjia, pudiendo ser suficientes en la práctica las nociones adquiridas mediante las operaciones de *ensayes inmediatos* arriba descritas.

§ II DE LAS DIVERSAS ESPECIES DE COMBUSTIBLES.

Los combustibles que se usan en la metalúrjia, son la leña, el carbon de leña, la turba, diversas especies de carbon fósil (carbon de piedra), que se conocen bajo el nombre de *ullas*, en

fin, el carbon que proviene de la carbonizacion de las ullas, i se llama cok, (palabra inglesa, admitida actualmente en todos los idiomas de Europa).

Leña.

Composicion.

Todas las especies de leña constan de carbon, de hidrójeno i oxíjeno en proporciones exactamente propias para formar agua; a mas de esto tienen ceniza i una cantidad de agua ya formada, que se halla como encerrada en los poros de la leña, i se puede casi completamente espeler de ella, esponiendo la leña a una temperatura de 150 a 160 grados centígrado, sin que por esto la leña principie a carbonizarse. Esta agua se llama *agua higrométrica*; i no se debe equivocar con la otra que se llama *agua de combinacion*, i que proviene de la combinacion del hidrójeno i oxíjeno, que son elementos constitutivos de la leña. Esta combinacion no se verifica, sino durante la *carbonizacion*, es decir, durante la destruccion completa de la leña: espelida una vez esta agua, ya no puede volver a entrar en combinacion con el carbon para reconstituir la leña; miéntras que el agua higrométrica sale sin alterar la naturaleza de la leña, i puede otra vez entrar en ella, por la propiedad que tienen todas las especies de leña de absorber la humedad.

Pero, no solo son siempre los mismos los elementos que entran en la composicion de toda clase de leña, sino que tambien estos elementos se hallan en ella siempre en las mismas proporciones, cualquiera que sea la especie de la leña, con tal que esté bien seca i purificada del *extracto*, de las *gomas*, de las *resinas* i de los *principios colorantes*. En efecto, estas sustancias no constituyen la *parte leñosa* de la madera; i solo se hallan como disueltas en el jugo vejetal: a veces se encuentran en proporcion mui considerable; i se puede separar las de la leña haciéndola hervir primero en agua i despues en alcohol.

Las leñas ordinarias (las que tienen poca sustancia colorante), secadas al aire, lo ménos por un año, se componen de

Carbono	—	—	0,3848
Ceniza	—	—	0,0100
Agua de combinacion	—		0,3552
Agua higrométrica	—		0,2500
			1,0000

Resulta de esto que las diversas especies de leña se diferencian entre sí solo por su densidad o peso específico, i que por consiguiente, con igual peso, todas pueden producir la misma cantidad de calórico: todas tienen el mismo poder calorífico. Se sigue de esto tambien que con igual volúmen, aquella especie que tiene mayor densidad, dará mas calórico en su combustion. Pero esto supone que todas se hallan al mismo grado de sequedad, lo que no es fácil conseguir en la práctica. Los repetidos esperimentos de Berthier hechos sobre diversas especies de leña, to-

Poder calorífico.

madas en el mismo estado en que se usan en la industria, hacen ver que el *poder calorífico* de ellas varia entre 2791 *calorías* i 4531. Segun Peclet las leñas en el estado ordinario de desecacion, contienen 20 a 25 p. c de agua i su poder calorífico varia de 2700 a 2800 calorías. Otros esperimentos hechos sobre una misma especie, pero tomada en diversos grados de sequedad, han probado: 1.° que el poder calorífico del resíduo de la destilacion de la leña, va aumentando a medida que la destilacion avanza; pero nunca llega a ser igual al poder calorífico del carbon puro: 2.° que secando la leña a la temperatura de 100°, no se exhala otra cosa mas que agua; i la leña no pierde nada de su poder calorífico: 3.° aumentando el calor hasta que la leña principie a descomponerse (carbonizarse), se ve que se pierde una parte de la materia combustible; esta pérdida es tanto mayor cuanto mas se eleva la temperatura, i cuanto mas repentina se hace la carbonizacion; de modo que en caso de una carbonizacion completa, verificada repentinamente, el poder calorífico de aquella porcion de materia combustible que se pierde, llega a ser igual como a $\frac{2}{3}$ del poder calorífico total que habia tenido la leña intacta.

Teniendo presente que el vapor de agua, que se desarrolla en la combustion de la leña, absorbe (hace latente) una cierta cantidad de calórico, resulta que, para sacar la mayor ventaja de un combustible, seria preciso secarlo completamente, en cuanto sea posible, sin descomponerlo. Es cierto que en ningun caso, esta leña con igual peso daria tanto calor como el carbon puro; pero puede ser que, calcinando de un modo incompleto, por ejemplo, hasta que el resíduo retenga 12 a 15 por ciento de partes volátiles, resulte un combustible mas denso que el carbon; i que con igual volúmen dé tanto calor como este último. Con esta condicion debe cumplir el combustible destinado para producir el mayor grado de temperatura posible; i como la leña se contrae gradualmente a medida que la carbonizacion avanza, sobre todo cuando la operacion se efectúa lentamente, la suposicion que se acaba de hacer, no seria inverosímil.

Carbon de leña.—Se calcula que en grande, la leña carbonizada en montones, produce como la quinta parte de su peso de carbon. Este carbon no es puro; i aun cuando está recien preparado, retiene todavia una porcion bastante considerable de materias combustibles volátiles, que producen una pequeña llama en los primeros momentos de la combustion. Segun Davy, el carbon aun espuesto al calor albo, contiene todavia un poco de hidrójeno. Pero un carbon que queda por algun tiempo con el contacto del aire, atrae la humedad, i condensa en sus poros agua higrométrica: i por esto, la proporcion de carbono puro rara vez llega a 90 por ciento en el carbon ordinario, la de ceniza varía de uno a seis i siete por ciento, i la de las sustancias volátiles alcanza a veces a veinte i mas por ciento. El carbon guardado en un lugar mui seco no contiene mas que cuatro a cinco por ciento de agua, pero en un lugar mui humedo puede absorber hasta diez i ocho i veinte por ciento de agua.

Poder calorífico. El carbon ordinario no da comunmente mas que veintinueve a treinta veces su peso de plomo con el litarjirio; i no puede evaporizar mas que diez a once veces su peso de agua, lo que corresponde a 6700 o 6900 calorías.

La práctica demuestra, 1.° que con volúmnes iguales, el carbon de leña dura da mas calor que el de leña blanda; pero en el peso los efectos caloríficos presentan poca diferencia; i talvez el carbon de las leñas blandas lleva alguna ventaja; 2.° el carbon recien preparado arde con mayor facilidad; pero despues de estar guardado por algun tiempo en los almacenes, da mas calor; 3.° el carbon que proviene de la destilacion, arde mas rápidamente; pero no es capaz de producir tan alta temperatura como el ordinario.—En fin, a pesos iguales, el carbon tiene *poder calorífico* doble de la leña; i aunque al volúmen la diferencia es ménos grande, nunca con la leña podemos producir una temperatura tan elevada como con el carbon. Por esto, en las operaciones metalúrjicas que exijen una temperatura elevada, no se usa la leña, sino el carbon; i aun para otras que no necesitan llama, se prefiere este último, aunque carbonizando la leña, se pierde, como hemos dicho, la mitad de la materia combustible de ella.

Turba.—La *turba* (champa) es un combustible esponjoso, lijero, pardo o negruzco, en el cual se advierten siempre materias vejetales, que no se han alterado; i se forma de la acumulacion de las plantas herbáceas i acuáticas que crecen en los pantanos; pertenece a los depósitos modernos, i aun en ciertas localidades se forma todos los dias: algunas veces cubre terrenos inmensos en las partes mas bajas de los continentes; tambien se encuentra en los valles, en las gargantas i mesetas de las montañas elevadas.

El poder calorífico medio de la turba seca es casi igual al de la leña, i a veces mayor. Se puede carbonizar como la leña, i la pérdida de materia combustible que resulta de la carbonizacion de la turba, equivale a $\frac{2}{3}$ del carbon que queda.

Carbon fósil.—Todas las especies de carbon fósil, constan de los mismos elementos que los que entran en la composicion de los combustibles vejetales, como son el carbono, el hidrójeno, el oxíjeno i las mas veces azoe. Estos elementos se hallan combinados en mui diversas proporciones; pero no cabe duda en que todas las especies de carbon fósil provienen de la alteracion, por causas que todavia no se conocen, de las plantas i árboles de diversas especies.

Se encuentra el carbon fósil en todos los terrenos desde la formacion mas *moderna* hasta las que se llaman *de transicion o paleozoicas;* pero lo que hai de notable en esto, es que, en jeneral, miéntras mas moderna es esta formacion, mas se parece el carbon por su composicion a las materias vejetales de la época actual, no descompuestas. Se dividen comunmente todas las especies de carbon fósil que se usan en la metalúrjia, en tres clases: *lignitas*, *ullas* i *antracitas*.

Clasificacion.

Lignita.—Se dió al principio este nombre al carbon fósil, que

conserva todavia la forma o la textura interior de la leña. Despues se ha estendido el mismo nombre a las especies, que apesar de ser compactas, sin indicio alguno de contextura leñosa, i mui parecidas a las ullas, no se hallan sino en los terrenos modernos que los jeolójos llaman *terciarios*, posteriores a la formacion *cretacea*. Los alemanes distinguen tres especies de lignita (braun kohl): *lignita fibrosa*, *lignita terrosa* i *lignita betuminosa* o compacta (pech kohl). Las dos primeras son por lo comun mas modernas, la última suele hallarse tan parecida por sus caractéres a las ullas, que su nombre se toma mas bien en el sentido jeolójico que industrial.

Propiedades. Las lignitas pertenecientes a esta última clase son negras o pardas, compactas, de fractura desigual, i muchas veces concóidea i lustrosa. Su peso específico es cerca de 1.2. En la destilacion, producen gas inflamable (o de alumbrar) agua algo acidulada, i aceites (alquitran); exhalan casi todas un olor desagradable, particular, que no es el de la ulla. Las mas veces el resíduo de la destilacion de ella, queda en pedazos de la misma forma que la que tenia el combustible crudo. Sin embargo, algunas de la provincia de Concepcion se funden i se esponjan formando un cok mui liviano i quebradizo. Segun Mayer, pueden las lignitas de esta especie producir un cok bastante firme i bueno si se someten a un procedimiento de carbonizacion *lenta*, en el acto de sacarse de la mina, *es decir*, *antes que el aire ha obrado sobre ellas*. En la combustion, arden comunmente con una llama larga, de poco calor, mezclada con humo, que esparce en el aire, el mismo olor que el que se siente en la destilacion. Las materias estrañas que se hallan en ellas, i que concurren a producir ceniza, son: las arcillas, el carbonato de cal i las piritas.

Composicion. Las siguientes especies sometidas a una análisis inmediata, han dado por composicion:

	DE ALEMANIA. (1)	DE FRANCIA. (2)	DE FRANCIA. (3)	DE CHILE. (4)
Carbon	0,429	0,493	0,484	0,411
Ceniza	0,046	0,039	0,056	0,028
Materias volátiles	0,523	0,468	0,460	0,561
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) Lignita comun de Alemania; compacta, de un color pardo

negruzco sin lustre, i en algunas partes lustrosa; da 18,4 partes de plomo con el litarjirio; i por consiguiente las materias volátiles corresponden a 0,11 de carbon (Berthier).

(2) Proviene de l'Enfant-Dort,—de un terreno calizo moderno; es negra, de fractura lustrosa; contiene algo de piritas; se emplea con mucha ventaja en las fraguas. No cambia de forma por calcinacion, da 21 partes de plomo con el litarjirio; i por consiguiente las materias volátiles equivalen a 0,13 de carbon; estas materias constan de una agua ácida, de aceite de 0,218 de gases combustibles. Esta lignita puede servir como las verdaderas ullas, para hacer cok, para los hornos (Berthier).

(3) Viene de Saint-Lon. Negra, empañada, de fractura compacta sin lustre; en la destilacion da mucha agua un poco ácida, despues aceites mui volátiles, mui líquidos, de un amarillo pálido; pero no produce alquitran. No cambia de forma por calcinacion; pero se pone mas agria i quebradiza. Da 20,3 partes de su peso de plomo con el litarjirio (Berthier).

Carbon de Chile. (4) Viene de Talcahuano, de los terrenos terciarios de la costa. Es negra, de estructura compacta; fractura desigual o concóidea imperfecta; su lustre se inclina mas bien al lustre resinoso que al vítrio. En la destilacion esparce un olor desagradable, peculiar de las lignitas, exhala agua, despues aceites i mucho alquitran —5 gramos (cien granos) de este combustible han producido por destilacion en una pequeña retorta de vidrio:

Agua con algunas sustancias aceitosas....	0,913
Aceite espeso, como alquitran, id..........	0,994
Gaces id. id. id. id......................	0,626
Cok id. id. id. id........................	2,467
	5,000

Se usa con mucha ventaja para calentar las calderas de los buques de vapor de la compañía inglesa; i por la propiedad que tiene de emitir tantas materias volátiles, aceitosas i combustibles, facilita mucho la combustion de las ullas *secas* que vienen de Inglaterra. Por esto conviene mucho emplearla mezclada con cualquier ulla o antracita que contenga mucho carbon i pocas sustancias volátiles. Segun el informe que debo al señor Peackok, comandante del vapor *Chile*, el consumo de esta ulla por cada veinticuatro horas en la máquina, es de diezioclio toneladas, miéntras que para el mismo efecto se gastan en veinticuatro horas quince toneladas de buena ulla de New-Castle, i solo doce toneladas de la mejor ulla del país de Gales. Empléase actualmente, con ventaja, el mismo combustible, solo o mezclado con

ullas inglesas, en las fundiciones de los minerales de cobre i de plomo, en la fabricacion del gas i diversos otros ramos de industria.

La esplotacion de las minas de esta especie de carbon se ha estendido en estos últimos años por la costa de Coronel, Colcura i Lebu i ha tomado mucho desarrollo. Es ahora un ramo de industria minera en Chile no ménos importante que la estraccion de los minerales de cobre i de plata. El carbon que producen las minas de Lota i de Coronel es igual en calidad a las mejores *ullas terciarias* (lignitas) del antiguo continente. La cantidad de cok que produce el carbon de Coronel asciende a veces a 45 i 46 por ciento, miéntras que la proporcion de ceniza suele pasar de 5 a 6 por ciento.

Segun Bollaert (1), nombrado por el almirantazgo ingles una comision para el ensaye de las diversas especies de carbon que provenia de Concepcion, ha dado para la composicion de este carbon

Cenizas	6.92
Carbono	70.71
Hidrójeno	6.44
Oxíjeno, azufre, azoe	16.93

El análisis del doctor Playfer del carbon de Colcura da

Ceniza	5.68
Carbono	78.30
Hidrójeno	5.50
Oxíjeno	8.37
Azufre	1.66
Azoe	1.06
Su peso específico	1.03

Calcinado en vasos cerrados, pierde mas de la mitad de su peso en materias volátiles i da un cok hinchado, poroso pero mui liviano i quebradizo.

El mismo carbon se ha hallado en varias otras partes de la costa meridional de Chile, desde la embocadura del Maipo hasta el estrecho de Magallánes. Así, descubierto hace poco un combustible fósil en la costa de Colchagua a unas dos leguas del puerto de Tuman, presenta casi los mismo caractéres que el de Lota, ménos la contextura que es siempre compacta en este último i fibrosa en el de Colchagua.

(1) *Anales de la Universidad*, 1851, páj. 365.

Examinado este carbon en el laboratorio del Instituto, ha dado al ensaye:

	(1)		(2)	
Cok —	42.1	a	42.8	por ciento.
Ceniza—	2.5	a	1.1	
Sustancias volátiles	55.4	a	56.1	

Las sustancias volátiles constan aproximativamente:

Las de la muestra 2 de

21.5 de agua.
34.6 aceites volátiles, alquitran, etc.

———

56.1 por ciento.

Las de la muestra 1:

24.0 de agua.
31.4 de aceites i gases combustibles.

———

55.4 por ciento.

Ensayada por el método de Berthier, la muestra 2 ha dado 24.8 gramos de plomo, lo que corresponde a 5.704 calorías.

El carbon fósil del estrecho de Magalláñes es tambien mui parecido al carbon de Colcura, pero tiene en partes contextura leñosa como el de Colchagua. Ensayadas varias muestras de este carbon, dieron, término medio.

Cok — — 45.0 por ciento.
Ceniza— — 5.1 a 7.4 por ciento.
Sust. volátiles 55.0

En un ensaye inmediato aproximativo, se hallaron las sustancias volátiles compuestas del modo siguiente:

Agua — — 24 por ciento.
Alquitran — 7 ½ a 13 por ciento.
Gases, pérdida, 27 a 19 por ciento.

Cien gramos de carbon calcinados en una retorta, dieron 22 litros de gas de alumbrado, que arde con una luz bastante viva, amarillenta, esceptuando las primeras cantidades que arden con una llama pálida azuleja. (1)

Ullas.—Las ullas propiamente dichas se hallan en los terrenos mas antiguos, particularmente en los de la época llamada carbonífera o ullera, del grupo *paleoroico*; son en jeneral negras

(1) Véanse los *Anales de la Universidad*, 1850, p. 191.

i casi siempre lustrosas; su textura las mas veces es hojosa, o esquitosa, fractura desigual o concóidea. Son frájiles, blandas, i su peso específico varía de 1,16 a 1,60. El gas que encierran en sus poros i rajaduras, es en todas las minas de la misma naturaleza: es hidrójeno protocarbonado puro, casi dos veces mas liviano que el aire.

En la destilacion todas producen: agua, muchas veces amoniacal, gases combustibles, aceites; i dejan un resíduo de carbon fijo, que se llama *cok*. Las mas se funden o se ablandan en estas operaciones; i estas se llaman *ullas crasas*; otras que conservan su forma, i no se aglomeran por destilacion, se llaman *ullas secas*; aquellas dan ménos agua i mucho mas aceite que las últimas.

Siendo mui varirable la composicion de las ullas, varía tambien su poder calorífico; sin embargo las que se consideran como de buena calidad, tienen casi el mismo poder calorífico que el carbon de leña, lo que corresponde a una capacidad calorífica doble de la leña seca. Watt en sus cálculos de máquinas de vapor, contaba siempre con un consumo de 1 parte de buena ulla para producir 7 ½ partes de vapor. Los esperimentos hechos en Paris con diversas especies de ulla sobre el agua que ya estaba con una temperatura de 100°, dieron 8 ⅛ a 10 p. de vapor por 1 p. de ulla. *Poder calorífico.*

Con respecto al modo como se portan en el fuego las diversas especies de ullas, Peclet las clasifica del modo siguiente: *Clasificacion industrial de las ullas.*

1.° *Ullas crasas de los fragueros.*—Mui fusibles; producen cok mui esponjoso, lustroso, mui liviano, que no se puede emplear con mucha ventaja en las operaciones metalúrjicas. Estas ullas dan mucho fuego; pero fundiéndose en una masa espesa interceptan la corriente del aire, queman la reja, i exijen mucho cuidado de parte del fundidor.

2.° *Ullas crasas i duras.*—Estas son ménos fusibles que las anteriores, i su cok, mas denso, es el mejor para los *kornos altos.*

3.° *Ullas crasas de larga llama.*—Son todavía ménos fusibles, ménos pegajosas (moins collantes) que las anteriores: sus fragmentos no hacen mas que conglomerarse. Estas ullas son las mejores para las rejas: la de Mens, llamada *flenu i el cannel coal de Lancashire* pertenecen a esta categoría.

1.° *Ullas secas de larga llama.*—Dan un cok apénas frito; muchas veces los fragmentos apénas adhieren unos a otros. Se emplean por las rejas, arden como una llama larga, pero de poca duracion i no puede producir un calor tan intenso como las anteriores.

5.° *Ullas secas que arden sin llama.*—Producen resíduo incoherente; arden con dificultad, i se emplean principalmente para cocimiento de ladrillos, de cal, etc.

Estas últimas poco se diferencian de las antracitas que no cambian sino mui poco su aspecto por la calcinacion, ni se aglomeran sus fragmentos i arden con mucha dificultad.

Una gran serie de análisis *mediatas* dadas por Peclet en su

tratado de calor, t. 1, páj. 89, manifiestan que para las ullas crasas de la 1.ª division la suma de las cantidades de oxíjeno e hidrójeno es poco mas o ménos de 11 por ciento i las cantidades de estos dos gases son casi iguales; que para las ullas crasas i duras, la suma de las cantidades de oxíjeno e hidrójeno es casi 9 por ciento i la diferencia en los pesos de estos dos gases todavía mui pequeña; que para las antracitas la suma de los dos cuerpos baja a 5 o 6 por ciento i la cantidad relativa de hidrójeno disminuye; que para las ullas secas de larga llama la suma de las cantidades de oxíjeno e hidrójeno asciende a 16 por ciento i la proporcion relativa de hidrójeno disminuye; que, en fin, en las lignitas el total de las cantidades de oxíjeno e hidrójeno se eleva a 25 por ciento i al mismo tiempo la proporcion de hidrójeno relativamente a la de oxíjeno disminuye: lo que demuestra que las ullas crasas pasan a las ullas secas que arden sin llama por la disminucion del oxíjeno e hidrójeno a un tiempo, i a las ullas secas que arden con llama por el aumento de estos dos elementos, aumento mas rápido para el oxíjeno que para el hidrójeno."

El peso de un hectólitro de ulla de las diversas localidades, varía de 79 a 88 kilógramos.

Las ullas que producen mucho gas de alumbrar, dan poco carbon; algunas de ellas, como las de San Esteban en Francia, dan como 200 a 300 litros de gas por cada libra de ulla. En jeneral, para saber a qué uso se ha de aplicar una especie de ulla, no es suficiente determinar su poder calorífico, porque dos ullas del mismo poder pueden producir grados de calor mui diferentes: así se debe examinar como se portan, sea en la destilacion, sea en la combustion, cuantas sustancias estrañas contienen, si tienen pirita (que da mui mala calidad al combustible), si son mui sólidas o frájiles, etc.

Cok.—El *cok* preparado en grande, no tiene materias volátiles; el que proviene de la destilacion, las retiene todavía, aunque en mui poca cantidad: el que proviene de la fabricacion del gas es mas liviano. Es higrométrico a tal grado que si se guarda en lugares húmedos absorbe fácilmente 15 a 16 por ciento de agua.

Este combustible arde casi sin llama; su combustion se verifica con mucha dificultad, i solo mediante una corriente de aire mui activa; las ascuas sacadas del hogar, se apagan luego. Su poder calorífico es casi igual al del carbon de leña; i sin embargo, para producir cierta cantidad de calórico, sobre todo, cuando no se necesita una temperatura mui elevada, se consume mas cok que carbon de leña, en proporcion como de $1\frac{1}{4}$ p. del uno por 1 p. del otro. Con todo esto, cuando se trata de producir un calor mui intenso, ningun combustible puede producir tanto efecto como el cok.

El mayor inconveniente que se esperimenta en el uso de este combustible, proviene de la gran proporcion de materias estrañas que contiene, i que se aglomeran durante la combustion

en masas escoriáceas que tapan la reja, interceptan el acceso del aire, i en los ensayes metalúrjicos corroen los crisoles.

Antracitas.—Estas especies de carbon fósil se componen esencialmente de carbon, i no exhalan ningun aceite en la destilacion, o a lo ménos no producen mas que algun indicio de aceite. Son mui compactas, negras, i tienen casi siempre un cierto lustre semimetálico, parecido al del cok. Pueden absorber 5 a 6 por ciento de agua cuando se mojan, pero la abandonan casi totalmente con el calor de la ebullicion del agua. Se hallan comunmente mezcladas con arcilla, óxido de hierro, piritas, etc. *Propiedades.*

Estos combustibles arden todavía mas fácilmente que el cok; i no se encienden sino cuando están en grandes masas espuestas a un calor mui intenso. Algunas arden chisporroteando i dividiéndose en pequeños fragmentos que apesar de no pegarse unos a otros interceptan mas o ménos el pasaje del aire. Las de algunas minas de Escocia i de América arden casi tan bien como el cok.

La ceniza de las antracitas consta las mas veces de arena cuarzosa i arcilla; las piritas se hallan a menudo en estas especies de combustible en proporcion tan crecida que las hacen impropias a ciertas operaciones metalúrjicas.

El poder calorífico de la antracita es igual al del cok; i del mismo modo que este último, ella tambien es capaz de producir una temperatura estremadamente elevada; tiene tambien el mismo inconveniente de obstruir el paso del aire en los hornos; es casi siempre piritosa, i muchas veces chisporrotea por la primera impresion del fuego, salta en pedacitos i se pone mui frájil i desmenuzable. Hé aquí la composicion inmediata de algunas especies de antracitas. *Poder calorífico.*

	Lamure.		Pensilvania.		Laval.
Carbon — —	0,913	—	0,860	—	0,847
Cenizas — —	0.027	—	0,060	—	0,073
Materias volátiles—	0,060	—	0,080	—	0,080
	1,000		1,000		1,000
Plomo con litargirio	31,6	—	30,4		33,0

Al concluir este capítulo, tengo que recomendar a los que quieran hacer un estudio particular de los combustibles, las *investigaciones* acerca de este asunto, del señor Regnault, publicadas en los *Anales de minas* de Paris en el año 1837-T. XII, libr. IV. Los muchos análisis mediatas hechas por este señor, le han conducido a adoptar otra clasificacion de los combustibles, fundada en la naturaleza del terreno en que se crian. Esta clasificacion comprende cuatro divisiones: 1.ª *de la gran formacion carbonífera*, dividida en dos partes, de las cuales la parte inferior contiene las antracitas, i la de la época mas moderna, las ullas: 2.ª *de los terrenos segundarios*, en que se distinguen dos partes: las ullas de la parte inferior, las que se crian en las *margas abigarradas* i en el *terreno jurácico*, se parecen todavía mucho por su *Clasificacion por terrenos.*

composicion i sus propiedades a las ullas de la parte superior de los terrenos anteriores; miéntras que la de la parte superior de esta division que son las del terreno *cretáceo*, se acercan ya por su calidad i composicion a las lignitas: 3.ª *de los terrenos terciarios* : comprende toda clase de *lignitas*; en fin, la 4.ª que es la de los combustibles *de formacion contemporánea*, comprende las *turbas*.

Esperimentos de Regnault. Examinando los resultados de los analísis de Regnault, se vé que el carbon se reconcentra en las especies de formacion mas antigua, que son antracitas, en las cuales la proporcion de hidrójeno varía de 0,0243 a 0,0418, al paso que la de oxíjeno varia de 0,0212 a 0,0318;

Que las ullas crasas, las mejores para las operaciones metalúrjicas, como tambien para las fraguas, contiene 5 a 6 por ciento de hidrójeno i casi otro tanto de oxíjeno;

Que las ullas crasas, que arden con una llama larga, tienen todavía casi tanto hidrójeno como las anteriores; pero la proporcion de oxíjeno va aumentando, i llega en algunas a 11 por ciento;

Que las ullas secas, que arden con una larga llama, contienen hasta 16 por ciento de oxíjeno, i casi la misma cantidad de hidrójeno que las anteriores; que por consiguiente, las ullas crasas, cuando en ellas el hidrójeno i el oxíjeno se reemplazan por el carbon, pasan a las antracitas, i cuando disminuido el carbon, aumenta el oxíjeno, la ulla se acerca por su naturaleza a los combustibles modernos;

Que en las lignitas el carbon disminuye notablemente, i hallándose reemplazado por el oxíjeno, el combustible se acerca mas i mas por su composicion a la leña; i puede contener 18,24 hasta 36 por ciento de oxíjeno i de azoe, conservando siempre casi la misma proporcion de hidrójeno que es 0,0559, 0,0458, 0,0520, etc.

En fin, que la proporcion de azoe en los combustibles fósiles, no alcanza a medio por ciento en las antracitas: es de 17 a 18 por mil en las ullas i en las lignitas; i llega a 2 por ciento en la turba.

Hé aquí la composicion de las cuatro especies de combustible fósil sacada de los analísis mediatos del señor Regnault.

	ANTRACITA de Lamure.	ULLA DE Obernkirchen.	LIGNITA de Ellebogen.	TURBA de Abbeville.
Hidrójeno. .	0,0167	0,0483	0,0746	0,0563
Carbono. . .	0,8977	0,8950	0,7379	0,5703
Oxíjeno. . . .	0,0363	0,0301	0,1202	0,2967
Azoe.	0,0036	0,0166	0,0177	0,0209
Ceniza.	0,0457	0,1000	0,0496	0,0558

§ III. COMPARACION DE LAS DIVERSAS ESPECIES DE COMBUSTIBLES I ELECCION DE ELLOS.

La eleccion del combustible en la industra pende:

1.° De la cantidad de calórico que puede producir su combustion completa (cantidad absoluta de calórico):

2.° Del precio que tiene en el mercado;

3.° Del efecto que se quiere producir, en cuanto a la temperatura i el lugar.

Las dos primeras condiciones están íntimamente relacionadas una con otra para la cuestion económica: hará mas cuenta al empresario emplear el combustible que producirá cantidades de calórico mas baratas. Para esto, tendrá que conocer el poder calorífico de los diversos combustibles i los precios de ellos.

Dividiendo por el número que representa la cantidad de calorías (unidades caloríficas) que emite cada combustible, el precio de un quintal, o una tonelada de este combustible, tendremos lo que costará cada caloría (cantidad determinada de calor sacada de la combustion completa del mismo combustible).

Supóngase que una tonelada de carbon fósil nos importe, puesto en el injenio, 10 pesos 30 centavos, i, ensayado este combustible, emite 4.873 calorías; costarán cada 100 calorías $\frac{100}{4873}$ 10.30=0.21 centavos. Si ahora se nos trae otro combustible mas caro, una ulla, por ejemplo, que cueste 13 pesos 75 centavos la tonelada, pero su poder calorífico sea 7,500 calorías: cada cien calorías de este combustible importarán $\frac{100}{7500}$ 13.75=0.19 centavos. Por consiguiente, en iguales circunstancias, si fuere indiferente emplear el primero o el segundo combustible para producir cierto efecto, mas económico seria hacer uso del segundo que del primero.

Pero cuando se trata de comprar los combustibles de diversa naturaleza, como la leña, el carbon fósil, el cok, aun bajo el punto de vista puramente económico, no es suficiente conocer las cantidades de calórico que cada uno de ellos emite, sino que tambien las pérdidas inevitables que en iguales circunstancias se esperimentan en la combustion de ellos por el calórico radiante que dispersan, calórico que, segun los esperimentos de Peclet, se pierde en proporcion mucho mayor, por la combustion del carbon seco que arde sin llama, que por la leña o ullas de larga llama.

Con este fin voi a reproducir el siguiente estado de las cantidades de calórico totales i las pérdidas por el calórico radiante que corresponden a diversas especies de combustibles:

	Poder calorífico.	Pérdida por el P. R.
Leña seca	3600	— 0.28
Leña ordinaria con 0,20 de agua	2800	— 0.25
Carbon de leña	7000	— 0.50
Turba con 0.20 de agua	3600	— 0.25
Carbon de turba	5800	— 0.50
Ulla (término medio)	750	mas que el carbon de leña.
Cok (con 0.15 de ceniza)	6000	id. id.

Si ahora, en lugar de medir los diversos combustibles al peso, se miden en unidades de volúmen como se acostumbra en diversas localidades para leña o carbon, tendremos que tomar en cuenta la densidad de ellos i conocer el peso de cada medida, para reducir todo a una misma unidad de comparacion.

Para esto se sabe que el peso de un metro cúbico de las diversas especies de leña varía, segun Berthier, de 220 a 525 kilógramos, el de un metro cúbico de carbon de leña varía de 200 a 250 kilógramos i el de un metro cúbico de ulla de 790 a 880 kilógramos.—Un metro cúbico de cok que proviene de la fabricacion de gas, pesa 300 a 350 kilógramos; miéntras que el que se emplea en los altos hornos, pesa por lo comun 400 kilógramos, i a veces llega a pesar 450 kilógramos.

En cuanto al efecto que se intenta producir mediante la combustion, éste se refiere, unas veces solamente a la temperatura que se necesita, otras a la temperatura i al lugar donde se trata de aprovechar el calor. Este lugar puede ser el mismo en que se echa el combustible: tambien puede estar mas o ménos distante del foco de la combustion

La temperatura que se obtiene mediante un combustible, es lo que llaman su *efecto pirométrico*, para distinguirlo del *efecto calorífico absoluto* que corresponde a lo que es su poder calorífico o la cantidad absoluta de calórico.

La temperatura o el efecto pirométrico que un combustible puede producir pende, no solamente de la cantidad de calórico que emite, sino tambien de otras circunstancias esenciales como son: la cantidad de aire frio que se necesita para su combustion, el volúmen de los gases i vapores que se forman en esta combustion, la capacidad calorífica de estas últimas, la densidad del combustible i la mayor o menor facilidad con que arden.

Hé aquí cantidades de aire frio que los diversos combustibles necesitan para su combustion i las cantidades de gases que producen (sacadas de la citada obra de Peclet, t. 1; páj. 144).

	Volúmen de aire frio necesario para quemar un kilógr. de combust.	Volúmen de gas que produce un kilógr. de comb.
Leña seca	6.75	7.34 (1 + at)
Leña ordinaria de 0.20 de agua	5.40	6.11 (1 + at)
Carbon de leña	16.40	16.40 (1 + at)
Turba de 0.20 de agua	9.02	9.65 (1 + at)
Ulla (término medio)	18.10	18.44 (1 + at)
Cok	15.00	15.00 (1 + at)

En estos valores la *t* es la temperatura del gas que se desarrolla en la combustion i *a* el coeficiente de dilatacion de los gases 0,00365.

Por lo que toca la *capacidad calorífica* de los gases, esta es para el vapor de agua, como cuádrupla de la del ácido carbónico: de manera que a pesar de que la *cantidad absoluta* de calórico

que emite en su combustion el hidrójeno es casi quintupla de la que emite el carbono, el producto de combustion del hidrójeno absorve, poco mas o ménos, cuatro veces mas calórico que el producto de la combustion completa del carbono.

Esta es una de las razones por que los combustibles que arden con larga llama no pueden producir tanta temperatura como el carbon de leña, el cok i la antracita.

En vista de lo que se ha espuesto en este artículo, será fácil el entender las siguientes reglas que se observan en la práctica, concernientes a la eleccion del combustible.

Cuando se debe producir una temperatura mui elevada en una estension considerable, i a una gran distancia del foco, la leña es el combustible mas ventajoso, porque da mucha llama; i de todas las especies de leña, las que parecen ser mas a propósito, son las leñas livianas que dejan poco cisco.

Cuando, al contrario, la temperatura que se necesite, aunque mui elevada, debe producirse a poca distancia del foco, la leña o la ulla pueden emplearse con igual ventaja, i aun en ciertos casos hace cuenta emplear la turba. En la eleccion de la ulla, en tales casos, se prefieren las que son solamente bastante *crasas* para no dejar caer el carbon menudo al traves de la reja i que forman como una capa de escorias sobre esta última sin interceptar el aire, porque las que son demasiado *crasas* o *pegajosas* (mui fusibles) tapan mui pronto los intersticios de la reja, la queman, interceptan el aire i exijen mucho cuidado de parte del fundidor. En semejantes casos se obtendrian ciertamente buenos resultados mezclando en proporciones convenientes ullas *secas*, o lignitas de buena calidad con ullas *crasas*.

Pero cuando la temperatura debe ser mui elevada i solamente en el foco de la combustion, como por ejemplo, en la fundicion de los metales i minerales de hierro, se prefiere el cok o el carbon de leña.

"En fin, si no se necesita producir temperatura mui elevada, ni llevarla a mucha distancia del foco, todos los combustibles pueden emplearse de una manera mas o ménos ventajosa, i en tal caso la eleccion pende de la proporcion que guarde el precio del combustible con su poder calorífico."

(Peclet, *Tratado de calórico*, t. I, páj. 116).

CAPITULO V. (1)

Del soplete.

§ I. DESCRIPCION DEL SOPLETE.

El soplete de los obreros es comunmente un tubo de laton, *Soplete de los obreros.*

(1) Este capítulo es un estracto de la obra de Berzelio, intitulada: *DEL EMPLEO DEL SOPLETE*, pero la obra mas completa, mas perfecta sobre el soplete, obra cuyo estudio i uso son indispensables para toda persona que se ocupa de docimacia, mineralojía o metalurjia es la de Plattner, traducida al castellano i publicada en Madrid en 1855 con el título *Arte de Ensayar* con el soplete cualitativo i cuantitativamente los minerales, aleaciones i productos metalúrjicos por C. R. Plattner etc traducida al castellano por don Ignacio Fernandez de Henestrosa, Conde de Morianes.

que va estrechándose hácia una de sus estremidades, cuyas dos pulgadas últimas se doblan en ángulo recto. Esta estremidad se termina en un tubo casi capilar, i es la que se aplica a la llama; i se sopla por la otra, que es gruesa. En las operaciones de las artes, rara vez se necesita prolongar la insuflacion mas de un minuto, de modo que el agua que arrojan en él los pulmones, no presenta ningun inconveniente. Pero en las esperiencias químicas es preciso sostener mucho tiempo la insuflacion, se hace en el tubo un acopio de saliva capaz de interrumpir la operacion.

Para obviar este inconveniente, Cronstedt colocó en medio del soplete, mas cerca de su estremidad encorvada que de la embocadura, una esferilla hueca para recibir la humedad. Pero este soplete tiene un inconveniente: i es que, cuando se ha soplado algun tiempo, i se lo pone un instante vertical la punta hácia abajo, el agua corre de la esferilla al interior del pico, i cuesta mucho limpiarlo para continuar la operacion.

Soplete de Bergman. Bergman corrijió este defecto del modo siguiente: adaptó a la estremidad del soplete una cámara semi-circular de una pulgada de diámetro sobre un tercio de pulgada de largo; e implantó inmediatamente el pico en la parte superior de esta cámara. El soplete de Bergman se compone de tres piezas separadas, que son: el tubo, la cámara destinada a recibir el agua, i el pico. Este sistema llena perfectamente bien su objeto; i tiene ademas la ventaja de ocupar poco espacio, i de poder colocarse en una cajita delgada en la que se encierra el soplete con sus accesorios, para trasportarlo cómodamente de un lugar a otro.

Soplete de Gahn. Gahn ha cambiado la configuracion de la parte del soplete que está destinada a recibir el agua; i le ha dado la forma de un cilindro de una pulgada de lonjitud, sobre media pulgada de diámetro. Su soplete, semejante en lo demas al de Bergman, consiste en cuatro piezas, que son: el *tubo*, el *cilindro*, el *pico*, i un pequeño *ajuste* que se pone en la estremidad del pico, i se halla atravesado por un agujero mas o ménos fino, por donde el aire se escapa: es necesario tener muchos de estos ajustes de diverso calibre, para cambiarlos segun la necesidad. La ventaja del soplete de Gahn sobre el de Bergman, consiste en la forma cilíndrica de su receptáculo, que ocupa aun ménos lugar que el anterior, i en la lonjitud del pico, que se introduce en la abertura de este cilindro. Despues de un largo uso, este pico puede mui bien meterse en el receptáculo mas adelante que al principio: pero al ménos adhiere constantemente a las paredes de la abertura destinada a recibirlo, i no está espuesto a caer durante la esperiencia, como sucede frecuentemente con el soplete de Bergman. Segun Berzelio, se puede dar al soplete de Gahn la preferencia sobre todos los otros.

La lonjitud del soplete, cualquiera que sea su forma, está sujeta a la vista del operador, i debe satisfacer a la condicion de que los cuerpos sobre que se sopla, esten a una distancia que se vean clara i distintamente. El soplete con que se ve mejor el ensaye, tiene ocho i media pulgadas de lonjitud i siete tres cuartos

pulgadas desde la embocadura hasta la insercion del pico en el cilindro.

Estos sopletes se hacen de plata o de hoja de lata: en estos últimos el pico debe ser de laton. Cuando todo el instrumento es de laton, toma a la larga un gusto i olor de cardenillo. Los pequeños ajustes con que debe cubrirse la estremidad del pico, no tardan en llenarse de hollin, i se cierra la abertura; es menester limpiarlos i destemplarlos con una pequeña aguja mui delgada. Esta operacion es mui fastidiosa, pero indispensable; por eso Berzelio ha mandado hacer esas piezas de platina, cada una de un solo pedazo; i cuando están demasiado sucias, las pone sobre el carbon, i las hace enrojecer mediante el soplete; de este modo vuelven a estar buenas en un momento, i las aberturas se destapan por sí solas.

§ II. DEL COMBUSTIBLE.

Toda llama es buena para los ensayes al soplete, con tal que no sea mui pequeña: se hace uso para esto de una vela, de una bujía o de una lampara. Engestrom i Bergman empleaban las velas i con preferencia las bujías ordinarias, provistas de una buena mecha de algodon; i Bergman aconsejaba encorvar la mecha despues de haberla despabilado, en la direccion de aquel lado, a donde se quiere dirijir la llama. La vela i la bujía tienen sin embargo un inconveniente: a saber, que el calor radiante emanado del cuerpo que se ensaya, hace fundir por un costado el sebo o la cera, i hace el consumo demasiado pronto. Por otra parte, una bujía ordinaria no da siempre bastante fuego para un ensaye. Estas circunstancias condujeron a Gahn a reemplazar la bujía ordinaria i única de que ántes se servia, con tres pequeñas bujías provistas de mechas gruesas, que colocaba i hacia encender juntas en un candelero dispuesto a propósito. Estas tres bujías unidas dan un excelente fuego.

Las lámparas llevan, sin contradiccion, mucha ventaja a las candelas i bujías; pero son incómodas para llevar en un viaje por la facilidad con que se derrama el aceite. El que se emplea con preferencia, es el aceite de oliva; se podria reemplazarlo con el de navo purificado; pero éste da mas humo i ménos calor que el otro.

La lámpara de Berzelio tiene la ventaja de ser trasportable, i está tan herméticamente cerrada, que el aceite no puede escaparse. Se hace de hoja de hierro barnizada, i tiene forma cilíndrica; su largo es de cuatro i media pulgadas; en la estremidad posterior tiene una pulgada de diámetro; i está provista de una orejita destinada a recibir el tallo de laton que le sirve de apoyo. En la estremidad anterior, la lámpara tiene tres cuartos de pulgada de diámetro; i en la superficie superior, hácia esta misma estremidad, hai una abertura circular, cuyo diámetro es tambien de tres cuartos de pulgada. Esta abertura está guarnecida con un anillo de laton, que está soldado sobre la hoja de hierro *Lámpara.*

de la lámpara, i lleva interiormente una tuerca: por esta abertura se echa el aceite. La mecha se introduce en un pequeño pico oblongo, de hoja de lata, fijado en una plancha redonda del mismo metal, que entra horizontalmente en la citada abertura. Siendo el anillo de laton un poco mas ancho que la abertura de la lámpara, resulta que la plancha redonda, que lleva el pico i la mecha, puede jirar libremente sobre el borde saliente que se halla en la parte inferior del anillo. Cuando no se hace uso de la lámpara, se cubre el pico con una tapa que se enrosca en la tuerca del anillo; i se calafatea la juntura con una piel bien impregnada de cera derretida: mediante esta piel comprimida entre la tapa i el borde superior del anillo, la union es tan perfecta, que se puede guardar la lámpara donde se quiera, sin temor de que el aceite salga de adentro.

Para hacer uso de esta lámpara, se coloca sobre un rollo de laton de doce pulgadas de largo, que se puede dividir en dos piezas de seis pulgadas cada una, por medio de un tornillo puesto en el medio: otro tornillo situado abajo, engasta i fija el instrumento en una cruz hecha de dos planchas de laton de seis i media pulgadas de largo i media pulgada de ancho.

Cuando no se necesita la lámpara, se pueden desarmar todas las piezas, i se guardan en un estuche, que ocupa mui poco lugar.

En los ensayes al soplete, se sostituye algunas veces a la lámpara ordinaria, otra de espíritu de vino; particularmente, cuando se opera con los tubos de vidrio o en los matraces, para poner en evidencia algunas partes volátiles; en semejante caso la llama del aceite, estando abandonada a sí misma, tiene el doble inconveniente de ennegrecer el vidrio, i producir un calor demasiado débil. Para lámpara de espíritu de vino, Berzelio emplea una especie de frasco mui comun en Inglaterra, cuya tapa está cubierta con otra tapa de vidrio que tiene forma de una campana, i cuyos bordes interiores esmerilados se ajustan bien con los bordes esteriores del cuello del frasco: esta segunda tapa sirve para impedir la evaporacion del alcohol, cuando no se hace uso de la lámpara; miéntras que, cuando se la necesita, se quita esta campana, i se introduce en el cuello del frasco un pico ordinario de hoja de lata o de plata en el cual lleva la mecha.

§ III. DE LA INSUFLACION DE LA LLAMA.

Cuando se sopla al soplete, no son los órganos de la respiracion los que han de obrar, porque no podrian sostener un trabajo contínuo, i todo esfuerzo de parte de ellos vendria a ser a la larga perjudicial: son los carrillos los que hacen en este caso el oficio de fuelles: la boca se llena de aire, i por la contraccion de los músculos de los carrillos este aire pasa al soplete. Esta operacion, por mas sencilla que sea, presenta al principio una cierta dificultad que proviene del hábito que uno tiene cuando so-

pla, de hacer trabajar todos los músculos que sirven a la respiracion.

A lo que se debe atender desde luego, es a tener la boca llena de aire durante una larga alternativa de aspiraciones i respiraciones; entretanto es menester observar que, teniendo entre los lábios una pequeña abertura por la que el aire se escapa, los carrillos se aproximarian mas i mas si la entrada de la boca quedase enteramente cerrada al aire de los pulmones. Por esto, para llenar el vacío que se forma, basta dejar entrar en la boca, al momento de la respiracion, bastante aire para restablecer la tension de los carrillos. Por este medio el aire retenido en la boca se encuentra siempre en el mismo grado de compresion, i sale de un modo uniforme por la pequeña abertura. Tal es el mecanismo de la operacion: agregaremos que la corriente de aire que sale por el pico, es ordinariamente tan ténue que no es necesario llenar la cavidad de los carrillos a cada respiracion.

Despues, cuando ya se sabe producir una corriente de aire continua, queda todavía otro estudio que hacer, estudio que tiene por objeto producir un *buen fuego*; i esto exije un conocimiento perfecto de la llama i de sus diversas partes. Observando con mucha atencion la llama de una vela, se notan en ella varias partes desiguales i de diverso color, entre las cuales se distinguen cuatro principales. *En primer lugar*, se ve en su base una pequeña llama de un color azul oscuro, que es bastante ancha en su parte inferior, se adelgaza a medida que se aleja de la mecha, i desaparece enteramente en donde la superficie esterior de la llama se eleva verticalmente. *Segundo*, en el interior de la llama hai un espacio oscuro, que se percibe al traves de la cubierta brillante: en este espacio se hallan los gases que salen de la mecha, i los que no estando todavía en contacto con el aire, no pueden consumirse. *Tercero*, al rededor de este espacio está la parte brillante de la llama, o la llama propiamente dicha. *Cuarto*, en el esterior de ésta se ve, mirando atentamente, la última cubierta poco luminosa, i cuyo mayor espesor corresponde a la punta de la llama brillante. Es en esta parte esterior donde la combustion de los gases se acaba, i donde se produce el mayor fuego. En efecto, si se introduce en la llama un hilo fino de hierro o de platina, se reconoce que los puntos de este hilo donde se verifica la ignicion mas viva, se hallan situados en los confines de la llama brillante, en la cubierta esterior.

Composicion de la llama.

Hecha esta distincion de las cuatro partes de la llama, si se dirije ahora con el pico del soplete una corriente de aire al medio de la llama, se ve aparecer delante de la abertura del pico, una llama azul, larga i estrecha, la misma que la que estaba en la parte inferior de la llama, pero su posicion relativa ha cambiado: en lugar de rodear la llama, se halla concentrada en su interior en donde forma un pequeño cilindro. Hácia la estremidad anterior de esta llama azul, se halla el lugar de la mas alta temperatura, del mismo modo que en la llama de una vela abandonada a sí misma, sin activarla con el soplete: con la diferencia que,

El punto de la mas alta temperatura. miéntras que en ésta, este lugar forma una zona o circunferencia de círculo, en aquella se reduce a un punto mucho mas caliente, capaz de fundir o de volatilizar las sustancias sobre las cuales la llama de una vela abandonada a sí misma, no ejerce ninguna accion. Este aumento tan crecido de temperatura proviene de que el soplete arroja sobre un pequeño espacio situado en medio de la llama, una masa condensada del mismo aire que ántes estaba esparcido en toda la superficie de esta llama. Por otra parte, la porcion restante de la llama brillante de que se halla aquí rodeada la llama azul, impide que se desperdicie el calor producido.

Una larga práctica se necesita para producir el máximum de calor; i esta dificultad proviene en parte, de que los diversos cuerpos producen diversos modos de ignicion, i que es mui fácil ser engañado por la luz que emiten. Para producir este máximum, es menester no soplar ni mui fuerte, ni mui suave: en el primer caso, el calor se va con la corriente del aire tan pronto como se produce; i a mas de esto, una parte de este aire se escapa sin contribuir a la combustion, enfriando la llama; en el segundo caso, no llega bastante aire en un tiempo dado. Una temperatura mui alta es necesaria, sea para esperimentar la fusibilidad de los cuerpos, sea para reducir algunos óxidos, que ceden con dificultad su oxíjeno, como por ejemplo, los óxidos de hierro i de estaño. Pero las operaciones pirognósticas no se limitan solo a obtener la mas alta temperatura posible, sino que tambien tienden a producir otros fenómenos, que necesitan un calor ménos intenso. Estos fenómenos son la *oxidacion* i la *reduccion*.

Llama de oxidacion. *La oxidacion* se verifica calentando la materia del ensaye en el punto estremo de la llama, en que todas las partículas del combustible se hallan saturadas de oxíjeno: mientras mas se aleja la materia de la estremidad de la llama brillante mejor se opera la oxidacion, con tal que se sostenga la temperatura en un grado suficientemente elevado: un calor demasiado intenso produce a veces un fenómeno inverso, sobre todo, cuando la materia del ensaye reposa sobre carbon. La oxidacion se opera con mayor actividad al apuntar el calor rojo; i para esto se necesita un pico de abertura mas ancha que en los otros casos.

La lámpara debe despabilarse con frecuencia i la torcida ha de quedar libre de cualquiera fibra saliente; de otro modo aparecen, mezcladas con la llama azul ciertas ráfagas amarillas que producen un efecto reductivo.

Llama de reduccion. Para operar la *reduccion*, se hace uso de un pico fino, que no se debe introducir demasiado adentro de la llama: de este modo se consigue una llama mucho mas brillante; porque la combustion se verifica de un modo imperfecto, i las partículas no consumidas del gas quitan el oxíjeno a la materia ensayada, que se puede entónces considerar como si fuese calentada en medio de una especie de gas inflamable. Si en esta operacion, aquella materia se cubre de hollin, eso prueba que el fuego humea demasiado, i esto debilita considerablemente el efecto de la insuflacion:

se consideraba en otros tiempos la llama azul como la mas propia para la reduccion de los óxidos, pero esta opinion es errada: es verdaderamente la parte brillante de la llama la que produce la desoxidacion; i se la dirije sobre la pieza del ensaye de manera que la rodee igualmente por todas partes, i la ponga al abrigo del contacto del aire.

En jeneral, la reduccion exije mucha práctica i un cierto conocimiento de los diversos modos de conflagracion. Es bueno, para ejercitarse en esto, fundir un grano de estaño, i llevarlo al calor rojo blanco sobre el carbon, de tal suerte que su superficie conserve siempre el lustre metálico. El estaño tiene tanta disposicion a oxidarse, que tan pronto como la llama principie a convertirse en fuego de oxidacion, se forma óxido de estaño, que cubre la superficie del grano. Se principia por operar sobre un pequeño grano, i se pasa en seguida a granos mas i mas gruesos.

Para verificar la reduccion de los óxidos al soplete, Platner aconseja tomar las precauciones siguientes:

Precauciones para la reduccion.

1.° Es necesario mantener el pico del soplete a una distancia de la mecha, un poco mayor que la que conviene para la oxidacion, dirijiendo siempre el aire sobre la mitad de la altura de la llama.

2.° Cuando se opera con flujos sobre un hilo de platina, toda la esferilla del ensaye, (que para esto debe ser mas pequeña que para la oxidacion) debe estar enteramente sumerjida en la parte mas brillante de la llama; miéntras que, cuando se hace la misma operacion sobre un carbon, el mismo efecto se logra con la parte azul de la llama, con tal que el ensaye quede completamente cubierto con esta llama que lo separa del contacto del aire, porque entónces el carbon es el que sirve de reductivo. Con esta llama, por ejemplo, se pueden reducir los óxidos de plomo i de estaño i varios otros, pero no todos.

3.° Se debe dar a la mecha cierta altura conveniente, para que no salga demasiado, ni esté demasiado hundida en el pico de la lámpara, porque en el primer caso, la llama humeando, deposita hollin en el ensaye, i en el segundo no se puede producir bastante fuego, para que con él quede rodeada i suficientemente caldeada la materia.

4.° La mecha debe estar siempre bien pareja, plana, bien cortada, sin aquellos hilos medio carbonizados, que suelen apartarse de ella, i cubrir la sustancia del ensaye con hollin. Esta precaucion es mui importante, tanto para la oxidacion como para la reduccion de los cuerpos.

5.° Luego que se empieza a dirijir sobre el ensaye una *llama reduciente*, se ha de continuar la insuflacion sin interrumpirla por un momento, hasta que se consiga el objeto.

§ IV. DEL APOYO I DE ALGUNOS INSTRUMENTOS ACCESORIOS.

El apoyo.—Las sustancias que se quieren someter al ensaye del soplete, deben necesariamente reposar sobre un cuerpo sólido, o

Carbon. estar fijadas de un modo cualquiera. El mas apropósito para este objeto, es *el carbon de madera bien quemado*: el que se hace con la madera de pino tomada en toda su fuerza i madurez, i en jeneral con las maderas de un tejido flojo, debe ser preferido. El que se hace de una madera dura i compacta, da tanta ceniza, i esta ceniza es algunas veces tan ferrujinosa, que no se debe hacer uso de él sino por falta de otro. De las diversas especies de carbon, de que Berzelio ha tenido ocasion de hacer prueba en los paises donde no se encuentra el pino, le ha parecido que el carbon hecho con el *sauce blanco*, i en jeneral con todas las especies del jénero *sauce*, es el mejor.

A fin de fijar los fundientes sobre un punto de la superficie del carbon, se escoje uno de los dos planos perpendiculares al tejido de la madera: de otro modo, colocada la materia sobre una seccion paralela a este tejido, se estenderia i se esparceria sobre la superficie. Si esta parte de la madera que se halla entre las capas del tejido leñoso, se consume mas pronto que la parte leñosa, sacaremos esta ventaja que el ensaye no tendrá mas que dos o tres puntos de contacto con el carbon.

Es casi inútil observar que el carbon debe ser bien quemado; aquel que chisporrotea, humea o arde con llama, no puede servir para los ensayes.

En el caso en que el efecto reductivo del carbon pueda impedir la reaccion que se quiere obtener, se toma para apoyo una *Platina.* *cucharita* o una *lámina delgada* de platina. La cucharita de platina ha venido a ser un instrumento del todo supérfluo en los ensayes al soplete desde que se ha visto que las sustancias minerales pueden esperimentarse por la sosa, sobre un apoyo de carbon, mucho mejor que en ningun otro. Por otra parte, el tamaño de la cucharita es un obstáculo para obtener las altas temperaturas, que se necesitan con frecuencia.

Wollaston ha sustituido a las cucharitas una pequeña lámina de platina mui delgada, la que se corta en una tira de 2 pulgadas de largo i ½ pulgada de ancho. Cuando se quiere calentar i oxidar al mismo tiempo, se dirije la llama del soplete sobre la superficie inferior de la lámina. No se deben ensayar sobre la platina las sustancias que tienen arsénico, antimonio, o que se reducen al soplete, porque la platina se combina con ellas, se funde i se agujerea.

Cuando se quiere sostener el ensaye en la llama sin agregar ningun reactivo, por ejemplo, cuando se trata de averiguar la fusibilidad de una sustancia, tomada en pedacito mui pequeño, se emplean unas tenacitas apropósito, cuyas estremidades son de platina.

Hilo o alambre de platina. Gahn imajinó otro modo de emplear la platina, como apoyo en los ensayes al soplete; i este modo es mucho mas cómodo que los anteriores. Se toma un alambre de platina de 2 pulgadas i ½ de largo, que se encorva en una de sus estremidades en forma de un gancho: es este gancho el que sirve de apoyo a la materia del ensaye. Para esto, se humedece el gancho con la lengua,

i se lo introduce en el flujo que se quiere emplear, reducido a polvo; despues se funde este flujo en la lámpara, de manera que se convierta en una gota que se fija i se detiene en la curvatura del hilo. Se introduce despues esta gota en el polvo de la sustancia que se quiere ensayar, despues de haberla humedecido, a fin de que adhiera al flujo; i todo se calienta otra vez. Se consigue de este modo una masa aislada, que se puede examinar cómodamente.

En jeneral, todas las oxidaciones se deben hacer en el alambre de platina, como tambien las reducciones, cuando solo se intenta examinar el cambio de colores. Este es el lugar de observar que la platina no se corroe de ningun modo por la sal de fósforo.

Cuando se ha avanzado la reduccion hasta el grado que se cree conveniente, i cuando al mismo tiempo se quiere, por un enfriamiento repentino, impedir que el ensaye se vuelva a oxidar de nuevo, se puede, con un lijero golpe del dedo, aplicado sobre el hilo de platina, hacer saltar la esferilla fundida sobre un cuerpo frio tal como una taza de porcelana o un yunque.

El uso d l hilo de platina es sobre todo mui cómodo en los viajes, porque no es siempre fácil conseguir buen carbon; i éste se emplea solo para reducir un óxido al estado metálico, o para tostar (calcinar) un súlfuro o un arseniuro metálico.

Tubos de vidrio —Cuando se quiere calcinar una sustancia con el contacto del aire, a fin de reconocer los elementos que entran en su composicion, se hace uso de unos tubos de vidrio, de 3 a 4 pulgadas de largo sobre dos líneas de diámetro i abiertos por sus dos estremos. Se introduce la materia i se coloca a poca distancia de una de sus estremidades; i despues se inclina el tubo de manera que esta estremidad sea la mas baja. Segun se quiera aplicar un calor mas o ménos intenso, se hará uso de la lámpara del espíritu de vino, de la lámpara ordinaria, o del soplete: i segun se quiera activar al rededor de la materia una corriente de aire mas o ménos rápida, se ha de inclinar mas o ménos el tubo. Entonces las partes de la materia, que sin ser gases permanentes, son volátiles, forman un sublimado en la parte superior del tubo, i allí se reconocen.

Matraces.—Estos son unos tubos de vidrio del mismo diámetro que los anteriores, pero cerrados por una de sus estremidades. Cuando se quiere reconocer la presencia del agua o de cualquiera otra sustancia volátil no combustible, contenida en un mineral; o bien cuando la materia que se ensaya está dispuesta a chisporrotear con el fuego, el ensaye se hace en un matracito encorvado, cuya panza es bastante ancha a fin de que haya lugar para la circulacion del aire i el desarrollo de los cuerpos volátiles. En el caso contrario, es decir, cuando se trata de separar por la via de sublimacion las sustancias combustibles como el azufre, el arsénico, no se debe emplear un matraz de panza ancha, a fin de evitar la combustion de estas mismas sustancias que se volatilizan.

§ V. DE LOS REACTIVOS I DE SU USO.

Cronstedt no empleaba comunmente mas que tres reactivos; el sub-carbonato de sosa, el borato de sosa i el fosfato doble de sosa i de amoniaco: sales que se designan para mayor brevedad por sus nombres técnicos i respectivos de *sosa, bórax* i *sal de fósforo:* estos reactivos son los que se usan todavia hasta el dia de hoi con preferencia a otros.

Sosa.—Se pueden conseguir dos objetos principales, empleando la sosa: 1.° reconocer si los cuerpos combinados con este reactivo son fusibles o no; 2.° facilitar la reduccion de los óxidos metálicos. Bajo estos dos respectos la sosa es uno de los reactivos mas indispensables.

Fusion de los cuerpos por la sosa.—Son muchos los cuerpos que tienen la propiedad de combinarse con la sosa a una alta temperatura; pero la mayor parte de estos compuestos son infusibles. Solo la silice, los ácidos metálicos i un corto número de óxidos forman con la sosa sustancias fusibles; i aun éstas se absorven en gran parte por el carbon durante la insuflacion.

Operacion. Hai muchas cosas que observar con respecto al empleo de la sosa en los ensayes. Se toma primero con la punta de un pequeño cuchillo préviamente humedecido, la cantidad necesaria de este reactivo, i se le pone en seguida en el hueco de la mano izquierda, i en caso de necesidad, se lo humedece un poco mas, de manera que forme una masa coherente. Si la sustancia que se quiere ensayar, es pulverulenta, es menester amasarla en la mano juntamente con la sosa; pero si esta sustancia se halla en hojitas o granos, se aplica a su superficie la sosa en polvo, i se calienta sobre el carbon, primero hasta sequedad, i despues hasta que se derrita. Si la materia del ensaye es infusible con la sosa, pero susceptible de descomponerse por ella, se hincha poco a poco, i cambia de aspecto sin fundirse. Si en estos ensayes no se emplea bastante sosa, sucede que la materia queda al estado sólido, i lo restante forma al rededor del ensaye una cubierta de vidrio trasparente: si se agrega demasiada, la esferilla de vidrio que se forma, enfriándose queda opaca. En jeneral, el mejor método que se puede adoptar, consiste en emplear la sosa por pequeñas cantidades, que se agregan sucesivamente a la masa, i en observar las variaciones producidas por las diversas proporciones de este reactivo. Sucede a veces que el vidrio se vuelve colorado en el momento en que empieza a enfriarse, i despues queda con un color amarillo o amarrillo rojizo, a veces opaco o amarillo parduzco. Estos fenómenos aparecen cuando la pieza del ensaye o la sosa contiene ácido sulfúrico o solo azufre; i el color resulta del súlfuro alcalino que se produce por la accion del carbon. Por esto, no se debe emplear sosa que tenga algun indicio de ácido sulfúrico.

Reduccion de los óxidos metálicos.—Esta clase de ensayes, por la cual se descubren muchas veces cantidades de metal reducti-

ble tan pequeñas, que se escapan a las mejores análisis hechas por la via húmeda, es, a juicio de Berzelio, el descubrimiento mas importante de todos los que Gahn ha hecho en el arte del soplete.

Si se coloca sobre un carbon un poco de óxido de estaño, un ensayador diestro sabrá sacar con algun esfuerzo, mediante el soplete, un granito de metal; pero si se le agrega sosa, esta reduccion se opera sin dificultad i completamente. Es por consiguiente positivo que por la sosa se hace mas fácil la reduccion: pero, ¿de qué manera? esto es lo que no se sabe de un modo preciso. Si en el óxido metálico se halla un cuerpo estraño no reductible, la reduccion del primero se hace muchas veces mas difícil; mas, si se le agrega un poco de bórax, este reactivo concurre con la sosa, a la disolucion del cuerpo estraño, no reductible; i la reduccion se opera por sí sola. Este ensaye se hace del modo siguiente.

Operacion. Habiendo pulverizado la materia que se quiere ensayar, se la amasa en el hueco de la mano izquierda, con la sosa humedecida; despues se la pone sobre el carbon, i se le da un buen fuego de reduccion; se le agrega en seguida otro poco del mismo reactivo, i se vuelve a soplar como ántes. Miéntras queda alguna parte de la materia del ensaye en la superficie del carbon, se agrega por pequeñas dósis la sosa, i se continúa la insuflacion hasta que el carbon haya absorvido la totalidad de la masa. Las primeras dósis sirven para recojer las partículas metálicas esparcidas en la materia del ensaye; i por la absorcion final de esta última, se completa la reduccion del óxido. Hecho esto, se apaga el carbon con dos gotas de agua; i despues de haber sacado, mediante un cuchillo, toda la masa que se habia introducido en el carbon, se la muele en un pequeño morterito de ágata a fin de reducirla a un polvo estremadamente fino. Se lava en seguida este polvo con agua para purificarlo del carbon, i se repiten estas operaciones del lavado i de la molienda, hasta que se vaya todo el carbon con la corriente del agua. Si la materia del ensaye no contiene ninguna sustancia metálica, no quedará nada en el mortero, despues del último lavado; mas, por poco que haya en ella de metal reductible, se lo encuentra en el fondo del mortero, bajo la forma de unas hojitas brillantes, cuando el metal es maleable, i en polvo, si es quebradizo o infusible. Segun Berzelio, se puede de este modo descubrir, mediante el soplete, en un grano de ensaye de tamaño ordinario, hasta un $\frac{1}{2}$ por ciento de estaño, i hasta la mas pequeña porcion de cobre.

Precauciones. Se debe atender en los ensayes de esta clase: 1.° a que se consiga un calor tan fuerte como sea posible, dirijiendo siempre la llama reduciente de manera que cubra lo mas completamente que se pueda, la superficie del ensaye; 2.° a que no quede en el carbon ni se pierda nada de la materia del ensaye, cuando se recoja, porque si el metal está esparcido en granitos, se ignora donde se halla; 3.° a que se muela por mucho tiempo la masa mezclada de carbon; 4.° a que se decanten despacio las aguas, de

suerte que no se arrastre con el agua otra cosa mas que lo mas ténue i lo mas liviano; 5.° en fin, no se debe juzgar del resultado sino cuando ya todo el carbon se ha ido; i tambien se ha de examinar el resíduo por medio del microscopio con la mayor atencion posible.

Metales que se reducen i se volatilizan. Los metales que pueden reducirse por este método, son (a mas de los metales nobles) el molibdeno, el tunsteno, el antimonio, el teluro, el bismuto, el estaño, el plomo, el cobre, el niquel, el cobalto, el hierro. De estos metales, el antimonio, el bismuto i el teluro se volatilizan fácilmente, cuando para reducirlos se procura hacer mucho fuego. El selenio, el arsénico, el cadmio, el zinc i el mercurio se volatilizan tan completamente, que no se pueden recojer, sino mediante un pequeño aparato sublimatorio.

"Cuando se ensaya un súlfuro o arseniuro, o una sustancia que contenga arsénico o azufre, se espelen primero estos cuerpos i se oxida el metal ántes de pasar a su reduccion. El procedimiento es este: redúcese el mineral a polvo impalpable, i llenando con él una cavidad practicada en el carbon, se espone a la llama. La de oxidacion es la primera que se hace obrar para espeler el azufre como ácido sulfúrico, i oxidar el metal que se combina a su vez con los ácidos arsénico i sulfúrico que van formándose durante la operacion. Cuando ya no se desprende mas ácido sulfuroso que se reconoce por su olor característico, se pone en accion la llama reductiva, por medio de la cual se reduce todo el ácido arsénico i sulfúrico i gran parte de arsénico se volatiliza. Así que deja de percibirse *el olor de ajo* se vuelve a usar la llama de oxidacion; i así alternativamente, hasta que la descomposicion de mineral es completa. Vuélvase el ensayo de arriba abajo, i la parte que ha estado en contacto con el carbon se trata de la misma manera; en seguida se pulveriza, se calienta de nuevo sobre el carbon a las llamas de reduccion i de oxidacion, i de este modo se logra eliminar todo el azufre, aunque no siempre el arsénico que a veces queda como ácido, en combinacion con los óxidos de cobalto i de niquel, de los cuales se separa con suma dificultad. Existen sustancias que contienen cantidades considerables de arsénico que seria dañoso dejar se esparciera en la habitacion; para obviar este inconveniente, ántes de ponerlas a tostar sobre el carbon, se calientan en un tubo, con lo cual la mayor parte de arsénico se sublima i se condensa en su parte mas alta."

"Si el ensayo no contiene ni cobalto ni niquel, pero sí cualquier otro metal con arsénico, puede el metal obtenerse libre enteramente de arsénico, reduciendo el ensayo por el carbonato de sosa; pero si se hallan en él el cobalto o el niquel, siempre saldrá el metal contaminado por el arsénico, i será preciso tratarlo con bórax sobre el carbon. En este esperimento es preciso hacer llegar sobre el ensayo una fuerte i no interrumpida llama i tener suma escrupulosidad al cortar el carbon impregnado con el metal reducido así como en el lavado i decantacion." (Platner, traduccion de Fernández, páj. 61).

Un buen modo de ejercitarse en esta clase de esperimentos, es tomar una sustancia cobriza, sobre la cual se hacen muchos ensayes de reduccion; teniendo cuidado de mezclarla en cada operacion con una cantidad mas i mas grande de alguna sustancia no cobriza; i cuando llegamos a una lei tan baja, que no se pueda de una vez verificar la reduccion del cobre, se repite el ensaye hasta que se ponga este metal en evidencia.

Bórax.—Se emplea este reactivo en polvo o en pequeños granos: el que ha sido fundido préviamente, es mas cómodo, porque no se hincha tanto como el bórax ordinario. *Con que objeto se emplea el bórax.*

Se emplea el bórax para operar la disolucion o la fusion de un gran número de sustancias. Es bueno tomar para esta clase de operaciones, la materia que se ensaya, en granitos, a fin de distinguir la parte que se ataca inmediatamente por este reactivo, de ciertas sustancias insolubles, que pueden hallarse mezcladas; porque esta distincion suele tener mucha importancia en los ensayes. En esta operacion se examina: 1.° si la fusion se opera pronto o lentamente, con efervescencia o sin movimiento aparente; 2.° si el vidrio que resulta de esta fusion, tiene color, i si este color cambia pasando de la llama oxidante a la de reduccion; 3.° en fin, si el color aumenta o disminuye de intensidad por el enfriamiento, i si en las mismas circunstancias el vidrio conserva o pierde su trasparencia.

Algunos cuerpos tienen la propiedad de formar con el bórax un vidrio claro, que conserva su transparencia despues del enfriamiento, pero que calentándose lentamente a la llama esterior de la lámpara, se vuelve opaco, i toma un color blanco de leche o cualquiera otro color: sobre todo, cuando esta llama ha sido dirijida de un modo desigual e intermitente. Tales son las tierras alcalinas (barita, estronciana, cal), la itria, la glucina, la circona, los óxidos de cério, de tántalo, de títano; i no sucede lo mismo con la sílice, la alumina, los óxidos de hierro, de manganesa, etc. En todo caso, para que se produzca este fenómeno, es menester que el vidrio esté hasta cierto punto saturado de óxido, i que no haya sílice en las sustancias ensayadas. Para indicar con brevedad este fenómeno, se dice que las sustancias que lo producen, *dan un vidrio que se vuelve opaco a la llama*: (opaque au flamber).

Sal de fósforo.—Se obtiene esta sal disolviendo 16 partes de sal amoniaca en una mui pequeña cantidad de agua caliente, agregando a esto 100 partes de fosfato de sosa cristalizado, calentado mui lentamente: se echa despues agua hirviendo, se filtra, i se hace cristalizar la sal por enfriamiento. *Preparacion.*

Se emplea esta sal en granos gruesos, o en polvo: los cristales que se forman por sí solos, son de tamaño conveniente para el ensaye. Puesta esta sal sobre el carbon, i sometida a la accion del soplete, hierve, se hincha, despide vapor de amoniaco; i lo que queda, es fosfato ácido de sosa, que se derrite, i forma un vidrio transparente sin color. Como reactivo, esta sal obra principalmente por medio de su ácido fosfórico; i si no se emplea este úl-

timo puro, es por ser delicuescente, mas caro, i difícil de introducir en el carbon.

Objeto con que se emplea la sal de fósforo.

La sal de fósforo da por consiguiente a conocer la accion de los ácidos sobre los óxidos que se quiere ensayar: el exceso de ácido que contiene, se apodera de todas las bases, i forma con ellas sales dobles o mas o ménos fusibles, de las que se examinan la transparencia i el color. Por esto se aplica con preferencia al reconocimiento de los óxidos metálicos, de los que hace resaltar los colores característicos mucho mejor que el bórax.

En todo caso se debe esperar que se enfrie bien el vidrio para juzgar del color producido por el ensaye.

Este mismo flujo ejerce sobre los ácidos una accion repulsiva. Los que son volátiles, se subliman, los fijos quedan en la masa, i se apoderan en parte de la base, que se halla combinada con el ácido fosfórico, o lo ceden a éste, quedando ellos en suspension en el vidrio sin poder disolverse. Bajo este respecto, la sal de fósforo es un buen reactivo para los silicatos, porque por ella la sílice puesta en libertad, aparece en medio de la sal derretida bajo la forma de una masa jelatinosa.

Salitre.—El uso de este reactivo se limita solo a completar la oxidacion de aquellas sustancias, de las cuales una parte ha resistido a la accion de la llama esterior. Esto se hace sumerjiendo la punta de un cristal de salitre en la materia, que todavía está líquida; pero, a fin de impedir el enfriamiento de la esferilla, se toma de antemano el cristalito delgado de salitre con unas pinzas que se coloca entre el tercero i el cuarto dedo de la mano derecha, lo que no impide tener el soplete con la misma mano, como es costumbre.

Yeso i espato fluor.—Estas dos materias bien secas sirven de indicio una para otra, i no tienen otro uso; pero, bajo este respecto, son de mucha utilidad para un químico mineralojista. Si se pone un pedacito de yeso en contacto con otro mas pequeño de espato fluor, i se los hace calentar en este estado, se funden inmediatamente en los puntos de contacto, despues se combinan, i se transforman, por la fusion, en una perla de vidrio sin color i transparente, que toma el aspecto de un esmalte blanco por el enfriamiento. Por esto, se emplea el espato fluor como reactivo, en lugar de yeso i vice versa. El yeso no es el único flujo del espato fluor, sino tambien el sulfato de barita i el espato fluor por una parte, i por otra el fluoruro de bario i el yeso se funden mui bien; pero la perla fundida nunca llega a ser tan limpia i transparente como en el caso anterior.

Disolucion de nitrato de cobalto.—Se emplea este reactivo para reconocer la presencia de la alumina o de la magnesia, que dan con el óxido de cobalto, despues de una fuerte ignicion, la primera un color lindo azul, la segunda, un color de rosa pálido. La sílice no impide la manifestacion de estos caractéres; pero la presencia de algun otro óxido metálico en la materia que se ensaya, se destruye enteramente por la accion del cobalto. Hai dos modos de emplear este reactivo en disolucion para los ensayes del so-

plete: si la sustancia que se ensaya puede absorber cierta cantidad de la disolucion de cobalto, se la emplea en pedazos, i aplicando en la superficie una gota de esta disolucion, se la calienta mucho, sin elevar la temperatura al grado que seria necesario para la fusion del ensaye; si la sustancia es madura, por ejemplo, como son algunas piedras cristalizadas, se la muele con agua en un morterito, se hace de ella una papilla, i se pone una gota de esta papilla en un carbon; se le agrega en seguida una gota de la disolucion de cobalto, i se le da fuego hasta enrojecerlo.

Los minerales que contienen cal un alcali dan color azul calentados fuertemente con la disolucion de cobalto; i como la alumina, aunque les preste el mismo color, la da a un fuego moderado, se distingue por ella perfectamente.

Estaño. Se emplean de preferencia las hojas de este metal cortadas en largas tiras de media pulgada de ancho; i el objeto que uno se propone al emplearlo, es producir el grado mas alto de reduccion en las fundiciones vítreas particularmente cuando la sustancia que se ensaya contiene óxidos metálicos, que puedan pasar al menor grado de oxidacion, i que pasando a este estado, puedan dar un resultado mas decisivo. Para esto, se introduce en la esferilla del ensaye que está todavía caliente, i que se habia tratado préviamente por un fuego de reduccion la estremidad de la lámina de estaño, que se derrite al momento, i deja adentro de la esferilla, una pequeña partícula del metal; luego despues se vuelve a fundir la materia en el mismo fuego de reduccion, i se examina el resultado.

Cenizas de huesos.—Se las emplea con el plomo para la copelacion de los metales o minerales que contienen oro i plata. Gahn tenia para esto pequeñas copelas de un cuarto de pulgada de diámetro. Berzelio separa la parte mas tènue de estas cenizas por medio del lavado, i la guarda en la forma de polvo. Despues, cuando llega el caso de hacer un ensaye, amasa este polvo con la mano izquierda, con un poco de sosa, i coloca una pequeña porcion de esta papilla en un hueco hecho en el carbon, teniendo cuidado de allanar bien la superficie esterior de este polvo con un majadero de ágata. Se calienta despues lentamente al soplete esta especie de copela, i se introduce en ella la materia que se ensaya, préviamente fundida con plomo. Platner comprime las cenizas bien lavadas en un molde de hierro sin agregar sosa; i este molde le sirve de apoyo durante la copelacion.

El óxido de cobre sirve para indicar la presencia del cloro en una sustancia, por el color azul que toma la llama, cuando se hace calentar al soplete esta sustancia con aquel óxido.

§ VI. REGLAS JENERALES PARA LOS ENSAYES AL SOPLETE.

Antes de someter la materia que se quiere ensayar, a la accion de los flujos, se deben examinar los fenómenos que ella por sí sola puede presentar al soplete. Este exámen se hace del modo siguiente:

(a) Se hace calentar la materia en un pepueño matraz sobre la lámpara de alcohol, para ver si decrepita, i despide agua o cualquiera otra sustancia volátil.

(b) Se la calienta lentamente sobre un carbon a la llama de la lámpara ordinaria, mediante el soplete, para reconocer la presencia de los ácidos volátiles de arsénico, de selénio o de azufre, si los hai. Se compara el olor que se desarrolla en el fuego de oxidacion con el que se produce por el fuego de reduccion; aquel hace mas sensible el olor del azufre o del selénio, i éste hace mejor percibir los vapores arsenicales.

(c) Se repite el mismo ensaye en un tubo abierto por sus dos estremos para examinar los sublimados que se forman en la oxidacion: se observa el color, la volatilidad i el aspecto de estos sublimados.

(d) Se examina despues la misma materia con relacion a su fusibilidad. Si esta materia se halla en granos redondos, duros, lo mejor es ponerlos sobre el carbon, i soplar por encima; pero si se puede quebrantar el grano, i se quiere evitar la accion reduciente del carbon, se escoje entre los pedacitos una escama delgada con un borde cortante, o bien cualquiera partícula puntiaguda o una hojilla, i se la toma con unas pinzas de platina. Esponiendo en seguida la parte mas delgada a la accion del soplete, se observa si es fusible o nó. Las sustancias infusibles conservan sus puntas o aristas intactas; las que se funden dificilmente, quedan con sus puntas i agujas redondas; en fin, las fusibles se convierten en una esferilla.

En cuanto a los minerales que son mui difíciles de fundir, Berzelio aconseja de molerlos con agua, i de poner en el carbon una gota de esta mezcla, la cual se calienta en seguida en la llama de oxidacion hasta que se despegue enteramente del carbon; i despues, cuando ya forma un todo coherente, o una especie de torta porosa, se la toma con unas pinzas de platina, i se someten las estremidades al fuego mas activo que se pueda producir al soplete.

Ciertas sustancias pueden cambiar de aspecto i de forma sin entrar en efusion: algunas se hinchan o forman ramificaciones cuya reunion ofrece el aspecto del coliflor. Entre estas sustancias, unas se funden despues de la tumefaccion, otras quedan sin fundirse, otras arrojan una especie de espuma al fundirse, i producen un vidrio ampolloso, que aunque trasparente por sí mismo, aparece como si fuese opaco, por causa de una multitud de poros i burbujas que encierra.

(e) Se pasa, en fin, a los ensayes que se hacen mediante los reactivos, ya sea sobre una hoja de platina, ya sobre el hilo de platina, empleando sucesivamonte la sosa, el borax, etc.

En el empleo de los reactivos, no se debe suspender demasiadamente pronto la insuflacion, porquo hai sustancias que parecen ser infusibles al principio de la operacion, i que sin embargo ceden poco a poco a la accion del fundiente, i entran al cabo de unos dos minutos en una fusion completa. Es necesario ademas

no emplearlos sino en pequeñas cantidades, i ántes de agregar otras nuevas, esperar que las anteriores hayan recibido la accion del flujo: saturando de este modo el vidrio del ensaye, se obtienen muchas veces reacciones vivas i manifiestas, que no se conseguirian con un vidrio no saturado.

Cuando se opera con los flujos bajo un fuego de reduccion, sucede que la esferilla del ensaye vuelve a oxidarse, miéntras se enfria el carbon, i se pierde de este modo el efecto de la primera operacion. Para obviar este inconveniente, se da vuelta al carbon, de modo que se haga caer la esferilla todavía líquida sobre una hoja metálica, que se pone para ésto debajo de la lámpara.

Al terminar este resúmen de las reglas mas esenciales que se deben observar en los ensayes al soplete, recomiendo particularmente a las personas que desean hacer un estudio especial del arte de ensayar al soplete los minerales i productos minerales la obra de Plattner citada anteriormente en la paj. 74.

CAPÍTULO VI.

Cobre.

SECCION PRIMERA.

Resúmen de las propiedades de cobre que se aprovechan en los ensayes i beneficios en grande de las pastas i minerales de este metal.

El cobre puro es maleable, dúctil, de un hermoso color rojo lustroso; estructura granuda, de grano pequeño mui igual en su fractura, o bien algo fibrosa, segun el sentido en que se ha fracturado; mas, una pequeña cantidad de sustancias estrañas altera estas propiedades: dos o tres milésimos de antimonio o arsénico son suficientes para quitarle gran parte de su maleabilidad i ductilidad. Un alambre de cobre de 2 milímetros de diámetro exije 137 kilógramos de peso para romperse. Se funde a 27° p. lo que corresponde a 788° cent., es decir, al calor rojo albado; al calor albo da vapores sensibles que arden al aire con llama verde. Su densidad 8.78 a 8.96; la primera es la del cobre nativo, la segunda del cobre estirado en hilos mui delgados.

Al aire seco i temperatura ordinaria no cambia de aspecto, pero el aire húmedo lo cubre de lo que llaman *cardenillo*, que es un hidrocarbonato de cobre. Calentando el metal con el contacto del aire sin fundirlo, se forman en su superficie escamas de subóxido que es rojo: fundiéndolo se forma este subóxido mas lijero i penetra en el interior del baño sin disminuir su fluidez; el metal en tal caso pierde una parte de su ductilidad, su grano se empaña, i para devolverle sus primeras calidades es necesario volver a fundirlo en contacto del carbon. El subóxido, cuando no esté en contacto con el cobre metálico, absorve mas oxíjeno

por la calcinacion i se convierte en protóxido, pasando su color de rojo a negro. No descompone el agua a ninguna temperatura cuando es puro.

Es ménos oxidable que el hierro, el zinc, el cobalto, etc.; en la copelacion no pasa a la copela sino mediante una dósis de plomo 15 veces mayor que el peso de cobre. El ácido sulfúrico no lo ataca sino cuando concentrado i en ebullicion; pero si se esponen al aire hojas de cobre humedecidas con este ácido, el metal se oxida rápidamente con el oxíjeno del aire i se forma mucho sulfato de protóxido, sin que haya descomposicion del agua o del ácido.

Tampoco ejerce accion alguna sobre el cobre el ácido muriático sino cuando concentrado i el metal está mui dividido, en polvo, i cuando se eleva la temperatura al grado de la ebullicion. El mejor disolvente para este metal es el ácido nítrico o aguarejia. Los ácidos vejetales no ejercen sobre él accion alguna si no hai contacto del aire, pero en presencia del aire provocan la oxidacion del cobre i producen sales venenosas. El amoniaco disuelve fácilmente partículas de cobre mui subdivididas cuando hai contacto de aire; tambien obran fuertemente sobre el metal en contacto del aire las disoluciones alcalinas, las de carbonatos i cloruros alcalinos. Obra tambien el cobre, por la vía seca o húmeda sobre cierto número de compuestos metálicos: hace pasar al estado de protóxido el peróxido de hierro en sus disoluciones clorhídricas o sulfúricas, precipita completa i rápidamente el mercurio, la plata, etc., i obra con rapidez por la vía seca sobre el peróxido de los silicatos.

El cobre i el carbono se combinan con facilidad cuando el metal puro fundido permanece mucho tiempo en contacto con el carbon, como le sucede en los injenios, al fin de la afinacion del cobre. Los compuestos que se forman en tal caso se disuelven en el metal fundido como el oxídulo, el súlfuro, el arseniuro i cuando se tratan por el ácido nítrico débil i frio, dan lugar a la produccion de carbon mui liviano que sobrenada. El cobre que contiene carbon es poco maleable i de color mas pálido que tira a amarillento.

El litarjirio, por la vía seca hace pasar el cobre al estado de subóxido i forma con él escorias mui fusibles. Tambien oxidan este metal por la vía seca el peróxido de manganesa, el salitre, el sulfato ácido de potasa, etc.

Se combina mediante el calor directamente con el azufre, el selenio, el arsénico el antimonio, etc. Cuando en alguna operacion metalúrjica se hallan a un tiempo el hierro, el cobre, el azufre i el oxíjeno en presencia de la sílice, el azufre va al cobre i el oxíjeno al hierro, formando escorias de hierro i ejes de cobre. El cobre se alea casi con todos los metales; poca afinidad tiene con el hierro i con el plomo, sin embargo, el *cobre negro* que se obtiene en las fundiciones de los minerales ferrujinosos puede tener mas de 12 a 15 por ciento de hierro, conservando todavía gran parte de su maleabilidad, si no contiene al mismo tiempo algo

de arsénico o antimonio. El plomo que proviene de la fundicion de los minerales de cobre ferrujinosos plomisos se halla tambien aleado en todas proporciones con el cobre i los dos metales se oxidan a un tiempo cuando se hallen bajo la accion del salitre o del oxíjeno del aire a una temperatura elevada.

ÓXIDOS.

Los óxidos de cobre no son reductibles por el calor a ninguna temperatura, pero sí por el carbon, el óxido de carbono, el hidrójeno, el azufre, el hierro, el zinc, etc. Cuando los óxidos de cobre se hallen combinados con la sílice no se reducen por los gases, o a lo ménos la reduccion de ellos en tal caso es sumamente lenta i difícil: el carbon mismo no obra sino lentamente i solo en contacto. Por esta razon no es suficiente la accion del carbon para empobrecer las escorias que contienen silicato de cobre; para esto se hace intervenir el súlfuro de hierro que se disuelve fácilmente en los silicatos i descompone los de cobre. Son dos los que se hallan en la naturaleza i se forman en los procedimientos metalúrjicos: el sub-óxido que es rojo, Cu^2O, i el óxido que es negro CuO. *El subóxido* no se funde sino al calor albo; calentándolo con el contacto del aire se transforma en óxido: es una base mui débil; por la vía húmeda tiene tendencia para trasformarse en protóxido i cobre metálico; así por ejemplo los ácidos activos i sulfúrico débil lo transforman en cobre metálico i protóxido. Por la vía seca forma escorias rojas mui fusibles irreductibles por el carbon. Con el litarjirio forma compuestos mui fusibles; tiene 88,8 por ciento de cobre. El ácido muriático lo disuelve i al agregar agua se forma un abundante precipitado blanco; el ácido nítrico la disuelve con desarrollo de vapores nitrosos. *El óxido* no se funde ni al calor albo mas intenso posible. El cobre, el plomo, etc., lo hacen pasar al estado de subóxido. Es una base mui activa, soluble casi en todos los ácidos. dando disoluciones verdes o azulejas. Se combina con la potasa o sosa por la vía seca, pero el compuesto que es verde o azul se descompone por el agua. Es soluble en el amoniaco i carbonato de amoniaco dando disoluciones de un bello color azul mui intenso. Al soplete con la sal de fósforo o el bórax da vidrio verde en la llama esterior i rojo en la interior, sea cual fuera el compuesto en que se halla.

Es mui difícil evitar que una pequeña parte de óxido de cobre se reduzca cuando se calcina al calor rojo en un hornillo algo profundo i con carbon apretado. Por esto deberia ser empleado para esta operacion un hornillo de mufla. Es tambien este óxido higrométrico, i al enfriarse, despues de la calcinacion, absorve proporcion apreciable de agua; el que proviene de la precipitacion por la potasa, es mui higrométrico por causa de una pequeña proporcion del álcali que detiene.

Contiene el óxido de cobre 79.82 por ciento de cobre.

SALES DE COBRE.

Sales de subóxido.—Son inestables por la gran afinidad que tiene este óxido con el oxijeno. Las neutras casi todas insolubles en el agua, blancas; se disuelven fácilmente en el ácido clorhídrico i en el amoniaco, en cuyas disoluciones aumenta todavia mas la afinidad del óxido para el oxijeno.

Si se vierte poco a poco en su disolucion clorhídrica una de potasa o sosa, se produce primero un precipitado blanco; saturado el ácido libre, todo el precipitado es de sub-cloruro de cobre; en la disolucion no queda nada de este metal. Si en seguida se emplea el álcali en exceso, el precipitado toma color amarillo mas i mas anaranjado, trasformándose en hidrato, el cual, por el contacto del aire, toma color pardo i se disuelve en las disoluciones alcalinas concentradas: estas últimas son de color azul intenso.

El amoniaco, en igual caso, produce tambien, primero un precipitado blanco de subcloruro, soluble en el exceso del reactivo; pero la disolucion es sin color, i solamente con el contacto del aire se pone azul. Igual reaccion produce el carbonato de amoniaco.

El prusiato amarillo produce un precipitado blanco, que se altera pronto por el aire, pasando su color a rojizo.

El ioduro de potasio da un precipitado blanco, que no cambia de color por el contacto del aire, i el licor no contiene iodo libre.

El sulfocianuro de potasio i el sulfocianhydrato de amoniaco, producen precipitados insolubles en el ácido clorhídrico e inalterables al aire.

El hidrójeno sulfurado forma inmediatamente precipitado negro, aun cuando la disolucion se halla mui ácida.

Sales de óxido de cobre.—Sus disoluciones neutras son de color azul mas o ménos pálido, que tira algo a verdoso, las concentradas cuando se agrega, son verdes. La potasa, en una disolucion estendida, acida da un precipitado azulejo claro de hidrato, el cual si se hace hervir la disolucion, se pone negro o pardo, mas o ménos oscuro; pero si se emplea el reactivo en gran exceso, una parte, i aun la totalidad del precipitado se disuelve, tomando el licor un color azul intenso. Segun Rivot, el óxido que se obtiene por la potasa en un licor ácido, nunca puede ser puro, por mas que se prolongue su lavado con agua caliente.

Los carbonatos alcalinos producen precipitado azul verdoso; pero queda siempre en el licor proporcion notable de cobre.

El amoniaco, añadido por pequeñas cantidades, forma en las disoluciones de cobre un precipitado casi blanco, que luego se disuelve con suma facilidad en un exceso de reactivo, i el licor es de color azul mui intenso. Si en esta disolucion se introduce por pequeños fragmentos la potasa cáustica i se mantiene el licor a una temperatura un poco mas baja que 100°, sin hacerla hervir, hasta que salga todo el amoniaco, todo el óxido de cobre se halla precipitado al estado anhidro, negro, i se puede obte-

nerlo puro si se lo lava con mucha agua caliente, primero por decantacion (a 100° de temperatura) i en seguida sobre el filtro. Obtenido de este modo el óxido, se debe calcinar fuertemente en un hornillo de mufla i pesar caliente para evitar la absorcion de agua (Rivot).

El carbonato de amoniaco se porta casi del mismo modo que el amoniaco.

El prusiato amarillo produce un precipitado rojo–vinoso, i sirve para reconocer el mas pequeño indicio de cobre en una disolucion, variando su color de un modo apreciable.

El ioduro de potasio forma tambien un precipitade blanco, separándose al propio tiempo una parte de iodo i tomando el licor un color rojizo.

El sulfocianuro de potasio i el sulfocianhydrato de amoniaco, no producen precipitado: el licor se tiñe de pardo oscuro; si la disolucion es clorhídrica de subcloruro de cobre i se calienta a 50 o 60° de temperatura, pasando al propio tiempo ácido sulfuroso, precipita el sulfocianuro de cobre que es blanco i corresponde por su composicion al de subóxido.

El hierro i el zinc precipitan el cobre de sus disoluciones.

El hidrójeno sulfurado forma en las disoluciones de cobre precipitado negro de súlfuro de cobre insoluble en el sulfhidrato alcalino. El cobre en tal caso precipita completamente aun de la disolucion nítrica mui estendida i sin ausilio de calor; pero el precipitado se forma i se reune con mayor facilidad en las disoluciones clorhídricas i sulfúricas no concentradas.

El nitrato es azul, mui soluble en el agua i en el alcohol, se descompone ántes de apuntar el calor rojo.

El sulfato neutro, cristalizado, es tambien azul, soluble en el agua i mui poco soluble en el alcohol; el ácido sulfúrico le quita el agua i forma una sal blanca insoluble en este ácido. No se descompone sino al calor rojo vivo. Mezclado con carbon i calcinado al calor rojo, se trasforma en subsulfuro Cu_2S: se obtiene este súlfuro con mayor facilidad i mas puro, calcinando lentamente el sulfato con el azufre al calor un poco mas elevado que el rojo sombrio i al abrigo del contacto del aire. Mezclado con cobre metálico i calcinado sin contacto del aire pasa a subóxido. El subsulfato es insoluble en el agua.

Carbonatos.—Se forman por doble descomposicion por la via húmeda; el que se obtiene a 100° de temperatura es verde i de composicion constante $CO^2 + 2CuO + HO$; obtenido a la temperatura ordinaria es azul i de composicion mas variable, pero siempre contiene menos agua que el anterior; ambos solubles en el amoniaco.

El acetato neutro es soluble en el agua, los sub-acetatos son insolubles; pero el agua los descompone en acetato neutro soluble i en acetatos tribásicos. Calentados exhalan ácido acético, i al calor rojo sombrio, al contacto del aire, se obtiene el óxido.

El arseniato, obtenido por doble descomposicion por la via húmeda, es azul; pero calentándolo lentamente hasta el calor ro-

jo, pierde su agua i toma color verde sin perder su ácido. Calcinado en un crisol de brasca se trasforma en arseniuro. Es mui fusible, insoluble en el agua, soluble en los ácidos; el amoniaco i el carboniado de amoniaco, lo disuelven fácilmente: las disoluciones de potasa i de sosa le quitan el ácido, pero el resíduo contiene siempre algo de este ácido i de potasa. Por la via seca la descomposicion es mas completa; pero es necesario repetir dos o tres veces la fundicion para obtener el óxido libre insoluble i los arseniatos alcalinos solubles.

El arsenito se trasforma por el calor en arseniato de subóxido mezclado o nó con arsenito de la misma base o arseniato no descompuesto: estos productos son rojos i mui fusibles.

CLORUROS.

Subcloruro (dicloruro Cu_2Cl).—Obtenido de la descomposicion del hidroclorato de subcloruro por el agua, es blanco, insoluble en el agua. Es mui ávido del oxijeno, por cuya accion se trasforma en oxicloruro, cambiando su color en verde.

Es soluble en el agua salada i en las disoluciones de los mas cloruros. Segun el doctor Sterry Hunt, la disolucion saturada de sal comun, disuelve mas de 16 por ciento de subcloruro de cobre a la temperatura de 90° centígrado, i mas de 8 por ciento a la de 40°. Disolucion que contiene 15 partes de sal por 100 partes de agua, disuelve 10 por ciento de subcloruro de cobre a 90° de temperatura, 6 por ciento a 40° i 3 5 por ciento a 14° centígrado. En fin, una disolucion hecha de 5 partes de sal por 100 partes de agua, disuelve 2.6 por ciento a 90° i 1.1 por ciento a 40°

Se utilizan actualmente estos datos en la metalúrjia.

Se considera el subcloruro en estas disoluciones mas estable que puro, humedecido en agua acidulada o alcalina. Cuando se agrega a ellas mas agua, es decir, en proporciones mas grandes que las arriba señaladas, precipita el subcloruro en polvo.

El subcloruro que resulta de la accion directa del cloro seco sobre el cobre al calor rojo, es algo volátil, blanco, algo amarillento, trasluciente: tiene lustre de cera, fusible al rojo oscuro.

El cloruro (protocloruro CuCl).—No se forma sino por la via húmeda; es delicuescente, soluble en el agua i en alcohol. Su disolucion, evaporada lentamente, da lugar a la formacion de cristales; pero aproximándose la temperatura a 100°, ya se nota su descomposicion parcial. Si en seguida se calienta el resíduo al abrigo del contacto del aire i el calor sube a mas de 200° centígrados, la descomposicion continúa i en la materia calcinada hallamos principalmente subcloruro; si al propio tiempo se pasa sobre la materia una corriente de vapor de agua, no se obtiene por resíduo mas que el protóxido de cobre CuO.

Hai siempre algo de cloruro de cobre volatilizado cuando se evapora una disolucion clorhídrica de cobre algo ácida, sobre todo si no se efectúa esta operacion lentamente.

Accion de protocloruro de hierro sobre los óxidos de cobre i

formacion de cloruros.—La accion del protocloruro de hierro sobre el protóxido de cobre, da lugar a la formacion del sesquióxido de hierro i de una mezcla de cloruros de cobre, de la cual las dos terceras partes forma el subcloruro i una tercera parte el cloruro, como lo demuestra la fórmula A. El subóxido de cobre en igual caso produce peróxido de hierro i unas mezclas que contienen dos tercios de subcloruro i un tercio de cobre metálico, como lo comprueba la fórmula B.

A——— $3\ Cu_2O_2 + 4\ FeCl = 2\ Fe_2O_3 + 2\ Cu_2Cl + 2\ CuCl$
B——— $3\ Cu_2O + 2\ FeCl = Fe_xO_3 + 2\ CuCl_2Cl + 2\ Cu$

Tan pronto como el cobre metálico (2 Cu) se separa en la reaccion B, se convierte en subcloruro por el cloruro (2 CuCl) de la reaccion A. Se ve, pues, que si la mitad del cobre se halla al estado de subóxido i la ótra mitad al de óxido, la totalidad del metal se trasforma en subcloruro por una disolucion de protocloruro de hierro (Hunt).

Para preparar esta disolucion, emplea Hunt por 280 partes de protosulfato de hierro 120 partes de sal comun i 1,000 partes de agua, i se añade todavia 200 partes de sal para que el subcloruro que resultaria de la accion de dicha disolucion sobre los minerales de cobre oxidados (o trasformados en oxidados por la calcinacion) se disuelva totalmente.

Se sabe tambien que el cobre disuelto en esta disolucion de sal comun al estado de subcloruro de cobre, precipita con facilidad por el hierro sin formacion de subsales de hierro; pero no sin formacion de una proporcion notable de oxicloruro de cobre, insoluble en el agua, pero sí en los ácidos aun débiles como el ácido sulfuroso.

En estas reacciones entre el protosulfato de hierro, sal comun i minerales de cobre oxidados o calcinados, se halla fundado el injenioso procedimiento de beneficiar los minerales de cobre inventado por los señores Sterry Hunt i Jas. Douglas de Canadá.

SÚLFUROS I ARSENIUROS.

Los súlfuros de cobre son negros i fusibles, calcinados con el contacto del aire se descomponen fácilmente: si la temperatura es baja, se forma mucho sulfato, si es elevada, se trasforman en óxido. El *protosúlfuro* se forma solo por la via húmeda, pasando hidrójeno sulfurado por una disolucion de protóxido; si se le deja humedecido, absorve con facilidad oxíjeno del aire. Calentado en un crisol de porcelana al abrigo del contacto del aire pasa a una temperatura algo mas subida que el rojo sombrio al estado de sub-súlfuro. El *subsúlfuro* es el que se halla en la naturaleza. Es mas fusible que el cobre i no se descompone por el fuego si no hai contacto del aire. Tampoco lo descompone el carbon sino a la mas alta temperatura de los hornos: pues fundido a la de 150 partes en un crisol de brasca, se observa que se

separan globulitos de cobre metálico. Contiene 79.7 de cobre por ciento. No se ataca sino con mucha dificultad por el ácido muriático, i solamente cuando hai contacto del aire i a la temperatura de la ebullicion, con el ácido concentrado. El hierro lo descompone en parte formando un súlfuro doble. Del mismo modo obran el estaño i el antimonio, formando al propio tiempo aleaciones. Los álcalis lo descomponen tambien en parte, dando lugar a la formacion de cobre metálico, de sulfato alcalino i de un súlfuro doble. Los carbonatos alcalinos producen el mismo efecto si hai contacto de carbon. El salitre obra con enerjía sobre el subsúlfuro, principiando por acidificar el azufre, i si el salitre se halla solo en proporcion suficiente para convertir el azufre en ácido sulfúrico, todo el cobre se separa al estado metálico. El súlfuro i el óxido de cobre se descomponen recíprocamente: 992.6 partes de subsúlfuro, fundidas con 991,4 de protóxido, se convierten en cobre puro. El súlfuro i el sulfato de cobre se descomponen tambien mutuamente a una temperatura poco elevada, con desarrollo de ácido sulfuroso; 992.6 de sub súlfuro i 996.8 de sulfato anhidro se convierten en cobre metálico. El sulfato de plomo ataca a un tiempo los dos elementos del súlfuro.

El arseniuro Cu^2 As es gris, mui agrio, fusible e inalterable por el calor mas elevado posible. El que tiene 0.075 de cobre es todavía de un color gris rojizo i apénas semidúctil. Calcinados con el contacto del aire los arseniuros se trasforman en arseniatos de protóxido mui básicos i dejan desarrollarse una gran cantidad de ácido arsenioso. No se descomponen por los carbonatos alcalinos ni el flujo negro. El salitre empleado en cantidad suficiente para acidificar el arsénico produce cobre i arseniato alcalino; empleado en exceso, trasforma todo en arseniato de potasa i óxido de cobre. El arseniuro i el óxido, el arseniuro i el arseniato se descomponen recíprocamente; todo el arsénico se va en estado de ácido arsenioso i queda el cobre metálico: 10 partes de arseniuro Cu^2As i 6 de óxido CuO, como tambien 10 partes del primero i 6 de arseniato Cu^2As^5 se convierten en cobre, con tal que se evite todo contacto del aire. Los arseniuros de cobre se combinan con el súlfuro de cobre i otros súlfuros metálicos. Calcinados los arseniuros con el contacto del aire en presencia del carbonato de cal, dan lugar a la formacion del arseniato de cal i de óxido de cobre.

Los arseniuros se atacan mui fácilmente por el ácido nítrico, pero algunos son tambien, aunque con dificultad, en parte atacables por el ácido muriático con separacion del arsénico i sin produccion de hidrójeno arseniado.

Las aleaciones mas útiles en las artes son: la de cobre con níquel i zinc para la fabricacion del *cobre blanco de Alemania*, del *pac-fung* i de *mailchort* que imitan bien la plata; la de cobre i estaño para el bronce de cañones, bronce de estatuas i metal de las campanas; la de cobre con zinc para la fabricacion del *laton*, del *cobre amarillo*, del *oro de Manheim*, etc.; las de cobre con plata o con oro para las monedas i obras de plateros; en

fin la de cobre con aluminio, o bronce de aluminio es mui notable por su hermoso color amarillo, su tenacidad i sus aplicaciones en las artes.

SECCION SEGUNDA.

Minerales i productos de las artes.

§ I.—ESPECIES MINERALES DE COBRE.

El cobre se halla en la naturaleza puro, *nativo*, o bien combinado con diversos elementos, que son el oxíjeno, el cloro, el azufre, el arsénico, etc.; de esto resulta gran número de diversas combinaciones o *especies minerales*, que se pueden clasificar del modo siguiente:

1.° Minerales metálicos......	cobre nativo.
2.° Minerales oxijenados i clorurados..........................	el subóxido (óxido rojo). el protóxido (óxido negro), el nantoquit (subcloruro), el oxicloruro, los cobres resinitas.
3.° Minerales sulfurados (sin antimonio ni arsénico)....	el súlfuro o cobre vítrio, la pirita cobriza, el cobre abigarrado, el súlfuro doble de cobre i de estaño, el súlfuro doble de cobre i de bismuto, los súlfuros dobles de cobre i de plata, los sulfatos.
4.° Minerales antimoniales i arsenicales....................	el cobre gris antimonial, id. id. arsenical, id. id. mercurial, id. id. plomizo, los arseniuros de cobre, los arseniatos de cobre.
5.° Minerales que tienen ácido carbónico................	el carbonato verde, id. azul.
6.° Minerales que contienen sílice...........................	los silicatos de cobre.

A éstos se deben agregar las especies minerales escasas en la naturaleza, como son:

los fosfatos de cobre,
el seleniuro de cobre,
el crometo de cobre,
el tunstato cobrizo, etc.

Caractéres comunes a todos los minerales que contienen cobre. —Todos dan al soplete con bórax o sal fosfórica un vidrio que es verde azulado, cuando se funde en la llama esterior, i pasando a la llama interior, cambia de color, se pone rojo i opaco. Todos se *atacan* por los ácidos, i producen disoluciones verdes o verdes azuladas, que toman un color azul intenso, cuando se les agrega un exceso de amoniaco.

MINERALES METÁLICOS.

Cobre nativo.—Se halla en masas irregulares, diseminado en chapas i pegaduras, en racimos, dendrítico i cristalizado. Sus cristales derivan segun Philips del octaedro regular; pero el cobre nativo de Chile se halla comunmente en octaedros mui imperfectos que parecen como si fueran de base rombal o prismas rombales terminados por caras del octaedro. Las mas veces se encuentran *jemelos* con ángulos entrantes. Su color es a veces rojo oscuro, otras veces, cuando recien sacado de su criadero, es de rojo claro, lustroso, a veces en la superficie amarillento que tira a amarillo de oro o amarillento claro; i tambien se encuentra cobre nativo blanquecino, parecido al color de la plata. En este caso el metal es ágrio, quebradizo, mas duro que el rojo, i contiene siempre arsénico. Una muestra de este cobre sacada de unas *guias* metálicas de la cordillera de Illapel, dió 3 por ciento de arsénico.

En las minas de Corocoro i las de San Bartolo de Atacama en Bolivia, el cobre forma como una arenisca de grano pequeño de cobre, de manera que molido i lavado produce una arena de cobre (barrilla).

El cobre nativo se halla mui a menudo acompañado con el óxido rojo, que a veces cubre la superficie de las masas, a veces está pegado a ellas en forma de unos cristales cúbicos, i otras veces se halla diseminado en ellas, llena los poros del cobre, o constituye las masas principales del mineral, en medio de las cuales el cobre se halla diseminado en hilos i partículas mui finas. De este modo se hallan formadas las masas de cobre nativo i las barras coloradas de las minas de Andacollo, que se pueden citar como las minas mas abundantes de esta clase de mineral, i que han producido hasta ahora mas cobre nativo que ninguna otra mina de Chile.

Las masas mas grandes de cobre nativo se hallan en las minas del Lago Superior i son de cobre casi puro. El cobre nativo de Chile es tambien casi siempre puro, no contiene oro, a veces se vé sobre el cobre nativo pegada la plata en forma de *plaqué* o en granos, pero nunca aleada.

MINERALES OXIDADOS.

Subóxido de cobre (oxídulo, óxido rojo, cobre rojo).—Es de color rojo de cochinilla i a veces pardo metálico o negro en la

superficie de los cristales; pero su polvo i su raspadura son de color rojo de cochinilla; o rojo parduzco. Se halla en masas, diseminado en hojillas, en agujas, aterciopelado i en cristales. Su forma cristalina es el octaedro regular, a veces biselado en sus aristas, como suele encontrarse en algunas minas del Huasco. Los cristales que acompañan el cobre nativo de Andacollo, son cubos, algo imperfectos. Al soplete sobre carbon se reduce mui fácilmente. Se disuelve en el ácido muriático, i la disolucion se enturbia al agregar agua, produciendo un precipitado blanco de subcloruro. El ácido nítrico lo disuelve con desarrollo de vapor nitroso. Consta de

Cobre................	0,8878
Oxíjeno.............	0,1122
Su p.: esp.: 5,6....	1,0000

Constituye la mayor parte de los minerales oxijenados que los mineros llaman metales de color, i en los cuales esta *especie mineral* se halla mezclada con peróxido de hierro, hidrato de hierro, etc. A veces forma guias o venas angostas revestidas por ámbos lados con silicatos verdes, negros i azules; i a veces contiene 2 a 3 milésimas de cloro. Se halla comunmente encima de los súlfuros i cerca de la superficie; sin embargo, las venas mas puras i mas abundantes de este mineral en las minas de Andacollo, se hallan debajo de otras que son negras o aceradas, de un mineral oxisulfurado de cobre, i encima de unas masas de cobre metálico.

Cobre oxidulado ferrujinoso (metal rojo, metal aladrillado).— La especie anterior se halla por lo comun mezclada con sesquióxido de hierro, formando abundantes minerales, llamados vulgarmente *los colorados,* o metales aladrillados (ziegelez) pero se han hallado tambien, aunque en pequeña cantidad, en algunas minas, como en la Punta del Cobre, en Carrizal i otras cerca de la superficie, minerales que por su color, lustre i contestura cristalina se parecen al cobre oxidulado puro i en los cuales el sesquióxido de hierro, segun parece, debe estar combinado con el oxídulo. En efecto, estos minerales son de color rojo de cochinilla, en partes mui oscuro, son mui lustrosos i de estructura hojosa imperfecta, solamente la raspadura es de color pardo cereza, i tanto mas pardo cuanto mas se refriega: tienen mas de treinta por ciento de óxido de hierro i agua; pero la composicion de ellos mui variable: hé aquí el análisis de algunas del Carrizal:

Oxídulo Cu^2O........................	39.75	64.75
Sesqui de hierro F^2O^3..............	36.80	26.05
Agua....................................	17.10	5.90
Cal i sílice............................	4.95	3.15

Oxido de cobre CuO (cobre negro, melaconite, Tenerit). Por lo comun en masas, mui rara vez cristalizado en cubos con es-

quinas truncadas. Color negro o negro agrisado; rara vez con lustre gris metálico débil, por lo comun sin lustre pero toma con facilidad algo de lustre gris de hierro cuando se frota o se corta con un cuchillo; compacto, a veces con indicio de estructura granada; las mas veces terroso mezclado con restos de cobre piritoso de cuya descomposicion proviene i en tal caso su color negro tira algo a azulejo (metal añilado); estructura plana o concóidea imperfecta. La variedad compacta de Atacama es notable por su tenacidad, su densidad considerable; es algo compresible i en partes recibe la impresion de la uña. (Dureza 3—4; Ps. esp. 5.95—6.25). Soluble en el ácido clorhídrico i su disolucion no se enturbia agregando agua. Por lo comun, este mineral hace un poco de efervescencia con los ácidos por el carbonato de cal con que se halla mezclado i deja un pequeño residuo insoluble de sílice.

Abunda en algunas minas de Norte América; en Chile por lo comun mezclado con otras especies, particularmente con hierro hidratado i pirita cobriza; el mas puro se halló en la guia de la mina Bezanilla en el Carrizal, i en la Lealtad (desierto de Atacama). De esta última se han estraido cantidades considerables de este mineral, amorto, casi puro, atravesado por venillas de carbonato de cal i enteramente libre de materias sulfurosas. Contiene el óxido de cobre 79.833 de metal. Un mineral de óxido de cobre mui raro es el cobre negro de las minas de Taltal (desierto de Atacama). Es negro de terciopelo, lustroso, lustre de vidrio, estructura fibrosa gruesa diverjente; pierde apénas 3 a 5 por ciento de su peso en el fuego, al soplete da indicios de cloro. El ácido acético, aun sin ausilio de calor disuelve sin efervescencia todo el cobre, dejando un resíduo rojo que consta de una mezcla de óxido de hierro i de un silicato negro inatacable por los ácidos. Este silicato, analizado por Erdman i Werther, tiene la composicion de una turnalina, que contiene 7.5 por ciento de ácido bórico. Es, pues, a la turnalina que este mineral debe su estructura fibrosa, pues en las mismas minas se hallan con la misma estructura, aunque escasamente, el subóxido de cobre, el subsúlfuro, i aun la misma turnalina sin cobre.

Subcloruro de cobre (Nantoquit).—Recien sacado de la mina es blanco trasluciente i en pequeños fragmentos, sin color i trasparente; estructura hojosa cristalina mui pronunciada, i tambien compacta, fractura concóidea pequeña, lustre vidrioso, que pasa al diamante, su dureza poco se diferencia de la del yeso. Cambia mui pronto por el contacto del aire, su color es verde claro, i semejante al de la raspadura de atacamita, absorviendo el oxíjeno del aire i trasformándose en oxicloruro; al propio tiempo exhala un olor parecido al del cloro, i que proviene de que en esta trasformacion se ozonisa una parte del oxíjeno del aire, mas inmediato al mineral.

Soluble en el ácido clorhídrico concentrado i su disolucion al agregar agua produce un abundante precipitado blanco de subcloruro; soluble tambien en el amoniaco, i en agua salada: la especie pura consta de

Cobre....................	64.76	
Cloro....................	35.24	Cu^2A.

Al soplete tiñe la llama de azul i se ennegrece. Ha sido descubierto este mineral por los señores Siewcking i Herman en la mina Carben Bajo del cerro de las Pintadas en las inmediaciones de Nantoco (departamento de Copiapó), i se halló a cierta hondura debajo de los afloramientos, en cantidad considerable, acompañado de sub óxido de cobre i de cobre metálico. Forma masas irregulares en medio de un criadero arcilloso; pero el subcloruro puro ocupa por lo comun el interior de ellas, i en el mismo subcloruro se ven embutidas partículas brillantes rojas de cobre metálico. En partes, el mismo subcloruro se halla mezclado con el subóxido de cobre, pero por fuera las grandes papas de mineral se ven cubiertas de polvo ya descompuesto, verdoso, de atacamita. En la parte inferior de una muestra recien traida de la mina vecina partida, hallé un núcleo que parecia homojéneo, granudo, de grano grueso, compuesto de partículas blancas de subcloruro i rojas de subóxido, compuesto de:

Sub-cloruro de cobre Cu^2A....................	79.32
Sub-óxido Cu^2O	12.56
Sesquióxido de hierro............................	0.05
Materia arcillosa insoluble....................	3.30

Atacamita (oxicloruro de cobre).—Es de color verde puerro; por refraccion, verde de esmeralda; la que está en tablas, es verdinegra oscura; la compacta, verde clara. Cristaliza en octaedros de base rombal, en prismas rombales o rectangulares i en tablas exágonas delgadas agrupadas. Estractura estriada u hojosa, lustre de diamante o de vidrio. Trasluciente en los bordes o semitrasparente. Raspadura verde manzana. P. esp. 4,48. Al soplete tiñe la llama de un fuerte azul con las orillas verdes, i deja sobre el carbon, al rededor de la prueba, una pegadura roja; despues se funde, i se reduce a una esferilla de cobre rodeada de escorias. Se disuelve sin esfervescencia en los ácidos i en el amoniaco.

Se halla en abundancia en las minas de cobre de Cobija (en Bolivia) particularmente en las de Tocopilla, acompañada por el sulfuro de cobre, los óxidos de hierro, el sulfato de cal, etc. Se halla tambien, en algunas minas de Chile, como en las de la Quebrada Seca (Copiapó) en las del Carrizo, de San Juan i de Labral (Huasco), sobre todo en las de Taltal (Atacama) i en la mina manto de Madrid (Desierto de Atacama.)

Berthier encontró en la atacamita de Cobija,

cloro............	0,149
cobre metálico....	0,133
protóxido de cobre	0,500
agua............	0,218

Lo que corresponde a

cloruro de cobre	Cu.Cl	28.35
oxido de cobre	Cu.O	53.62
agua..........	HO.	18.00

Mineral oxiclorurado negro de cobre.—En varias minas de cobre de la provincia de Atacama, particularmente en las de la costa del Desierto de Atacama se hallaron minerales oxiclorurados de cobre negros o rojizos que parecen contener el cloruro de cobre combinado con el óxido i el agua en proporciones distintas de las arriba indicadas.

La composicion de estos minerales es variable, pero en jeneral se distinguen en ellos partículas verdes de atacamita. Stuven analizó uno de estos minerales que proviene de las minas llamadas Del Cobre (Atacama): el mineral es homojéneo, negro agrisado, sin lustre, compacto, de fractura plana o conchóidea imperfecta. Se parece al óxido de cobre nativo, pero al soplete tiñe la llama. Stuven ha estraido de este mineral

cloro	7.5
oxido de cobre......	74.6
id. de hierro.......	3.6
sílice	0.5
azufre	1.7
agua	12.1

Eliminado de esta composicion el cobre combinado con el azufre, Stuven considera la parte oxiclorurada como compuesta de

cloruro de cobre....	CuCl.	16.94
óxido de cobre......	CuO.	68.67
agua	HO.	14.39

composicion mui distinta de la de atacamita.

En algunas minas del departamento de Huasco se halló el oxicloruro de cobre en prismas delgados de ½ milímetro de diámetro sobre 3 a 4 centímetros de largo, rayados paralelamente al eje, de seccion triangular traslucientes, lustrosos, negros por reflección i traslucientes, de un hermoso color verde por refraccion embutidos en atacamita verde clara casi compacta: estos prismas parecen tambien tener composicion diversa de las anteriores.

En Tocopilla se han hallado masas considerables de cobre cloro-sulfurado, que al soplete dan a la llama color tan intenso como la atacamita pura, i sin embargo el mineral es homojéneo, de color gris de acero oscuro i por lo comun no presenta a la vista en su composicion indicio de partículas verdes de atacamita.

MINERALES SULFURADOS SIN ARSÉNICO NI ANTIMONIO.

Cobre sulfúreo (cobre vitreo).—Es de color gris de acero, lustre metálico, raspadura negra: estructura granuda, hojosa, a veces compacta imperfecta; fractura concóidea o desigual. Cristaliza en prismas exágonos que segun Dana derivan del octaedro de base rombal, por lo comun en masas i diseminado. Al soplete sobre carbon en la llama exterior, se funde mui pronto, despide ácido sulfuroso, hierve i arroja chispas de fuego; en la llama interior se cubre de una costra, i no se funde; en el matraz es inalterable. Es blando; se deja con facilidad cortar con un cuchillo. Dureza, 2.5—3, Ps. 5.5—5.8.

Este súlfuro es atacable pero con dificultad i a la temperatura de ebullicion por el ácido hidroclórico. De la accion de este ácido sobre el mineral resulta subcloruro i azufre: de modo, que el residuo consta de una mezcla de azufre i del súlfuro que no se habia atacado. La accion es pronta aun con la temperatura ordinaria cuando este súlfuro se halla combinado con el súlfuro de plata. (Véanse minerales de plata).

Este mineral se halla en abundancia en las minas de cobre en Chile, tanto en las de la costa como en las del interior. Hasta ahora no se ha hallado cristalizado sino casualmente en Cerro Blanco (Copiapó). Los minerales conocidos entre los mineros bajo el nombre de *bronce acerado*, son de este súlfuro, ya sea puro, ya mezclado con óxido de cobre, carbonato de cobre, etc. Es fácil equivocar esta sustancia con cierta variedad de óxido de hierro, bastante comun en Chile, que por su lustre i color es parecido al súlfuro de cobre, pero éste se distingue del otro por su blandura, su fusibilidad i el color que da al vidrio de bórax.

El cobre súlfureo que se encuentra en las minas de la costa, en los terrenos graníticos se halla mui a menudo mezclado con óxido de cobre, con carbonato, oxicloruro i silicato de cobre (a veces con oro): el que se halla mas al interior, en los terrenos estratificados, es por lo comun mas o ménos platoso.

El mas puro, sin mezcla, contiene

cobre 0,7973
azufre 0,2027 — Cu^2S.

Esta especie mineral que se halla tan comun i abundante en Chile, pero siempre amorfa, casi siempre contiene algo de súlfuro de hierro cuya proporcion suele variar de uno hasta 7 i mas por ciento sin variar o modificar notablemente el color, el lustre i en jeneral los caractéres esteriores del mineral puro.

Las variedades mas curiosas en Chile son el cobre sulfúreo hojoso de algunas minas del departamento de Combarbalá i del de la Ligua, el fibroso (con turmalina) de Taltal, mui compacto del Morado, a veces escoriáceo.

Cobre oxisulfurado.—En muchas localidades en Chile apare-

ce el cobre sulfurado íntimamente mezclado con óxido, carbonato u oxicloruro de cobre, i forma minerales mas o ménos homojéneos de color gris de acero que seria fácil equivocar con cobre sulfúreo puro. En estos minerales, sin embargo, examinándolos con ausilio de un lente, se descubren las mas veces puntillas negras terrosas en medio de masa metálica lustrosa, e indicio de otras verdosas. Estos minerales calcinados en un crisol de porcelana al abrigo del contacto del aire, se funden con facilidad i dan cobre metálico cubierto de eje, rara vez cobre metálico i subóxido. Los de las minas de Andacollo forman venas hasta de 6 i 7 centímetros de grueso acompañadas de silicato; i de ellas las que contienen algo de carbonato hacen efervescencia con ácido acético, pero todos dejan proporcion notable, pero variable de óxido disuelto en este ácido, i dejan residuo metálico de cobre sulfúreo. Los minerales clorosulfurados de las minas de la costa de Tocopilla (Cobija) i algunos de Taltal (Atacama) son mui fusibles i dan color mui intenso azul a la llama de una lámpara.

Covelina.—Súlfuro de cobre CuS, contiene 66.7 de cobre; es mui raro i escaso; sin embargo se cita haberse hallado este mineral en diversas localidades: en Vesuvio sobre las lavas, en Turiuguia, formando pequeñas masas esferoidales, en Kielce, en Salzburgo, i se pretende que la materia negra azuleja, la que cubre la superficie de las masas de cobre piritoso de varias minas de Cobija i de Chile es de este súlfuro. Jeneralmente el mineral es terroso, negro, algo azulejo, en pegaduras, blando: Zefarovicz halló este súlfuro cristalizado, con lustre semi-metálico i de densidad 4.6.

Cobre abigarrado.—(C. panáceo, Rosicler de Méjico, Bornit, bronce morado de Chile). En masas, diseminado, rara vez cristalizado. Recien partido, es su color entre amarillo de pirita cobriza i pardo de tumbaga; pero pronto se toma de pardo violáceo, otras veces de pardo azul, luego de azul i de otros colores de íris que nunca son tan claros i brillantes como los de la pirita cobriza. Lustre metálico. Estructura de grano pequeño i compacta. Blando, se deja cortar con un cuchillo; p. esp. 4,9 a 5. Al soplete, como el anterior. Se funde pronto en vasos cerrados sin perder nada de su peso.

Muchos minerales de diversa composicion pertenecen a esta especie: la proporcion de cobre varía en ellos de 40 hasta 70 por ciento. Todos constan de súlfuro de hierro, i de subsúlfuro de cobre Cu^2S combinados entre sí en diversas proporciones. Los que tienen mas cobre, son de grano mui pequeño, igual o casi compactos, de fractura concóidea i de color azul oscuro o violado oscuro, con pocos colores de íris; miéntras que disminuyendo la proporcion de cobre i aumentando la de hierro, el mineral se halla mas abigarrado (tornasolado), i entre los colores aparecen el amarillo rojizo i el azul celeste.

Estos minerales abundan mucho en algunas minas de Chile, particularmente en las de Tamaya (Ovalle) i en la mina de los

Sapos (Combarbalá). Los de esta última contienen a veces hasta 0,0025 de plata, miéntras que los de Tamaya contienen casualmente oro. En Méjico abundan en Ramos, Mazapil i Huetamo.

Composicion de diversas variedades de esta especie en Chile.

MINAS I LOCALIDADES.	TAMAYA. DE LA MOLLACA.	MINA DE LOS SAPOS.	MINERAL DE LA HIGUERA.
Cobre	0,667	0,561	0,595
Hierro	0,089	0,177	0,182
Azufre	0,228	0,231	0,205
Criadero	0,016	0,031	0,018
	1,000	1,000	1,000

Segun Plattner, el hierro en algunas variedades de esta especie se halla al estado de sesquisculfuro F_2S_3 i segun Rivot con frecuencia intimamente mezclada con cobre sulfúreo. Especie cristalizada de Cornwall consta de

cobre	56.76	57.89
hierro	14.84	14.94
azufre	28.24	26.54
	99.84	99.67

Cobre amarillo, o pirita cobriza.—(Bronce candelero o dorado de Méjico, bronce amarillo de Chile). Es amarillo de laton bajo o subido, que a veces se acerca al amarillo de oro; la fractura recien hecha se cubre las mas veces con el tiempo, con colores de la cola de pavo real o del pecho de paloma. Lustre metálico. Estructura de grano grueso i pequeño, fractura desigual i a veces concóidea, grande i plana. Mas duro que el anterior, i tanto mas duro, cuanto menor es la proporcion de cobre que contiene: p. esp. 4,169. Al soplete sobre carbon se funde mas fácilmente que el cobre sulfúreo, en una esferilla quebradiza, magnética. En un matraz da un poco de sublimado de azufre. Es inatacable por el ácido muriático, pero se disuelve mui fácilmente en el ácido nítrico i en el agua réjia.

Se halla a veces cristalizado en tetraedros irregulares, que derivan del octaedro de base cuadrada, i en otras formas complicadas que tambien provienen de la modificacion de las anteriores; pero comunmente se halla en masas, diseminado, arriñonado etc.

Consta de subsúlfuro de cobre Cu^2S, i de sesqui-súlfuro de hierro F^2S^3, combinados en todas proporciones, sin que la de cobre pase jamas de 34 a 36 por ciento. Miéntras mas cobre tiene, mas fino es su grano i mas blando, i mas vivos son sus colores: cuando la proporcion do cobre baja de 6 a 7 por ciento, el mineral se parece a la pirita ordinaria de hierro: se encuentran sin embargo minerales de esta especie, que a pesar de tener mas de 20 por ciento de cobre, carecen de colores vivos *de tornasol*; pero en este caso se conocen por su grano que es siempre mas fino que el de la pirita de hierro. Calcinados en un crisol de brasca, emiten tanto mas azufre cuanto mas súlfuro de hierro contienen. El mineral cristalizado i otros mas puros de esta especie en Chile constan de

	(1) De la Higuera.	(2) De Brillador.	(3) De los Sapos.
Cobre........	0,371	0,367	0,283
Hierro........	0,321	0,260	0,264
Azufre........	0,306	0,338	0,290
Criadero.......	0,011	0,026	0,160

(1) Especie cristalizada en formas que parecen derivar de un tetraedro irregular; se cubre mui pronto de colores de íris.

(2) En masas, de color amarillo de oro, de mucho lustre i de estructura casi compacta.

(3) Variedad particular por su color amarillo algo verdoso, cuyo lustre se empaña con el contacto del aire, sin tomar colores de íris; i por esto se puede equivocar con la pirita de hierro, de la cual se diferencia a la simple vista por un grano estremadamente fino, que nunca se ve en la pirita de hierro, ni en cualquier pirita cobriza de poca lei.

Una masa considerable de pirita cobriza aurífera, hallada en una veta de las minas de Calco, consta de

Cobre............	28.13
Hierro	30.33
Azufre	33.89

Criadero cuarzoso.

Lo que corresponde a

$$Cu_2S + F_2S_3$$

En Chile se halla las mas veces mezclado con cobre negro,

hierro espejado i magnético, yeso, una especie de arcilla mui suave al tacto, cuarzo, asbesto, etc., a veces con granate, como en Panucillo. Es esta especie la que mas abunda en las minas de Chile: las que producen mayor riqueza de ella, son las del Carrizal, de San Juan, de la Quebradita (Huasco B.,) las de la Higuera, de Brillador, de Tambillos i de Panucillo (Coquimbo), las del Cerro Blanco (Copiapó); Catemo, etc. Es de observar que miéntras en otros paises, particularmente en Inglaterra, esta clase de minerales se halla casi siempre mezclada con arseniuro de cobre, los de Chile, en particular los que provienen de las minas situadas cerca de la costa, no tienen comunmente ningun vestijio de arsénico ni de antimonio.

Un mineral, llamado comunmente por los mineros chilenos *bronce plateado*, es, segun parece, una mezcla de cobre sulfúreo i de pirita: es de color gris metálico, mas claro que el cobre sulfúreo, no se cubre de colores tornasoleados en su fractura que es por lo comun plana, o concoidea ancha imperfecta, su estructura de grano mui pequeño i dureza mayor que la del cobre sulfúreo: con ausilio de un lente i muchas veces sin él, se distinguen en estos minerales partículas amarillas de pirita, i la *lei* de ellos, varía entre 40 i 50 p°/₀ de cobre.

Son todavía mas abundantes en algunas minas las mezclas de pirita cobriza con cobre negro, que tienen color negro algo azulejo i las llaman *metal añilado.*

De los minerales de Cobija se estraen cantidades mui considerables de cobre piritoso amorfo en cuyas masas se ven embutidos grandes cristales cúbicos de pirita ordinaria.

Súlfuros dobles de cobre i de plata.—(Véanse las especies minerales de plata.)

Súlfuros dobles de cobre i bismuto.—Existen en las minas de cobre de Cerro Blanco (departamento de Copiapó), dos especies de estos súlfuros cuyo conocimiento es importante para los ensayadores de los minerales de aquellas minas. La primera es idéntica con el *tannenit* de los mineralojistas alemanes: forma agujas mui delgadas, lustrosas, de color blanco de estaño, embutidas en la pirita cobriza; estas agujas observadas con un lente son como fracturas de unos prismas largos i angostos e indican un crucero fácil paralelo al eje del prisma; son blandas i mui adherentes a la pirita; mui fusibles, con facilidad solubles en el ácido nítrico: su composicion

Bismuto............	62.15
Cobre..............	18.72
Azufre.............	18.83

La segunda especie, que talvez no es sino modificacion de ésta se halla en cantidad mas considerable, forma masas, amorfas i cristales prismáticos mui imperfectos sin mezcla de pirita cobriza; color gris de plomo mas oscuro que el de tannenit; estructura fibrosa i las fibras son unas hojas largas, rayadas lonjitudinal-

mente algunas tienen uno o dos milímetros de ancho i algunas son unos prismas estirados. A mas del crucero paralelo a las caras mas anchas, se ve otro oblícuo cuyo ángulo con aquel no se ha podido determinar, pero es tambien paralelo al eje. Las fibras son rectas diverjentes i en los cruzamientos de los grupos de ellas se notan huecos i concavidades cubiertos interiormente con materia ocrácea arcillosa. Este mineral es mui parecido al antimonio gris (súlfuro de antimonio) con el cual seria fácil equivocarlo; pero se distingue de éste por su blandura, pues tizna algo i deja rayas grises sobre papel. Al soplete mui fusible; sobre carbon deja una pegadura característica debida al bismuto i se disuelve con facilidad en el ácido nítrico concentrado. Consta de

Bismuto.........	63.48
Cobre...........	5.15
Azufre..........	16.16
Antimonio.......	0.60

Lo demas es criadero ferrujinoso hidratado, en parte soluble i en parte insoluble en los ácidos. Segun parece, es un compuesto de

Sesquisúlfuro de bismuto	Bi_2S_3....	92.32
Subsúlfuro de cobre	Cu_2S....	7.68

Polisúlfuro doble de cobre, estaño i hierro (Stanina).—En masas, diseminado i segun Mohs en cristales cúbicos. Color gris de acero que se inclina a amarillo de bronce algo verdoso. Lustre metálico. Estr. de grano grueso i pequeño a veces hojosa imperfecta. Mas duro que el cobre gris Ps 4.3 o 47 al soplete se funde, se pone blanco i cubre el carbon de una pegadura blanca que empieza desde la misma bolita; en un matracito chisporrotea i da un poco de sublimado blanco;—Suele tener aspecto del bronce de campana.

Se halla principalmente en algunas minas de Cornwall, de Méjico i en Zinnwald. He reconocido la presencia de este mineral en los minerales de estaño de Bolivia, en los de Guanani, asociado con piritas estaníferas, del mismo color i lustre que la stanina de Cornwall pero de grano mas tosco.

		De Zinnwald, p. Ramiliberi.	De Guanani.
Consta de	Estaño....	25.69....	28.2
	Cobre.....	29.38....	22.9
	Hierro....	6.24....	23 2
2 (Cu, Fe, Zn) S+Sn^2	Azufre....	29.05....	27.5
	Zinc......	9.68....	
		100.04	101.8

Las piritas de Guanani contienen tambien súlfuro de estaño

cobrizo: en una muestra de ellas hallé 5 por ciento de estaño i 6 por ciento de cobre.

Sulfatos de cobre.—Hai varias especies de sulfatos de cobre; i todas son verdes o azules, dan agua en el matracito, i al soplete se ponen negras.

El sulfato neutro se forma comunmente en las minas de cobre amarillo, i proviene de la descomposicion de este sulfuro. Cristaliza en prismas oblícuos no simétricos; es azul, soluble en el agua, i de un sabor astrinjente metálico. Se halla mui a menudo en las paredes de las antiguas labores de las minas: la mina que produce mas de este mineral, es la de la Tierra Amarilla en Copiapó, donde se halla el mismo sulfato con el sulfato neutro de hierro i otros sulfatos de hierro, i de alumina; pero tambien se estrae en cantidades considerables de las minas Los Sulfatos (Copiapó), de la Hedionda (Coqnimbo) i salen muestras cristalizadas hermosas de las minas del Bronce, en Las Condes.

Ácido sulfúrico............	32.1
Oxido de cobre............	31.8
Agua....................	36.1

$$\dot{Cu}\dddot{S}+5\dot{H}$$

Subsulfatos de cobre (Brochantite, Langite, Devilline).—Varian mucho de color i de los demas caractéres esteriores los subsulfatos de cobre; es mui fácil equivocarlos con los minerales carbonatados i oxisulfurados; pero todos son solubles en el agua acidulada con ácido nítrico sin efervescencia; no tiñen de azul la llama de una lámpara i sus disoluciones dan precipitados blancos abundantes con clorhidrato de barita. Estos caractéres sirven para distinguirlos de los demas minerales de cobre. Algunas minas de Chile, particularmente las de Taltal i de Cobre (Atacama) abundan mucho en estas especies de minerales i las principales variedades de ellas son las siguientes:

1. Cristalizado en prismas que derivan del prisma de base rombal recto, con un clivaje paralelo a la base i otro apenas iniciado; de color verde esmeralda; en cristales imperfectos agrupados; trasparente; mui raro.

2. En masas fibrosas, fibras cortas, gruesas, que son como secciones de unos prismas imperfectos, de color verde oscuro, verdinegro, en partes claro, mui parecido al de atacamita; su raspadura de color verde mas claro, en partes trasluciente i de mucho lustre vidrioso, de la misma dureza que la atacamita: mui abundante en las minas de Paposo (Atacama).

3. En masas hojosas, de hojas irregulares pequeñas, e indicios de cristales; lustre de diamante, color verde mas oscuro que el del anterior; en medio de una masa ferrujinosa rojiza, todavia mas parecido que el anterior a ciertas variedades de atacamita mui comunes en las minas de cobre de Copiapó i Atacama: se

halla en cantidades considerables en la Descubridora de las minas de Paposo.

4. En masas terrosas de color verde claro, que tira algo a azul, livianas, blandas, a veces tisnan; mezcladas por lo comun con sílice o silicato de cobre; el de Corocoro es una arenísca impregnada de subsulfato de cobre.

5. En masas fibrosas, fibras mui delgadas diverjentes: mineral mui parecido a la malaquita llamada por los mineros chilenos metal estrellado.

Maskelyn describe un subsulfato de Cornwall, cristalizado en jemelos análogos a arragonia, i le da el nombre de *Langit*; Pisaní analizó un otro que contiene sulfato de cal i lo llamó *Devilline* o *Lyellite*.

Composicion:

	1	2	3	4
Ácido sulfúrico	15.8	19.71	16.42	16.77
Óxido de cobre	68.5	68.97	65.82	65.92
Agua...............	13.5	11.16	18.32	16.19
Cal	---	----	----	0.83
Residuo ferrujinoso.	2.4	----	----	Mg. 0.29
	100.2	99.84	100.56	100.00

1. De las minas de Paposo Cu^4S^3+4 Aq.
2. Id. por Kobel, muestra cristalizada.
3. De Cornwall p. Maskelyn, llamado *langit*; Cu^4S^3+5 Aq.
4. Id. por Pisaní, llamada Devilline.

Sulfato de cobre i de plomo (linarit), cristalizado en prismas rectángulos que derivan del prisma oblícuo simétrico, i en pequeñas mas irregulares, color azul hermoso de ultramar, lustre de diamante; estr. hojosa; trasluciente. Ps. 5.2—5.4. Un pequeño fragmento de linarit sumerjido en el ácido nítrico se pone en el acto blanco, no se disuelve, ni hace efervescencia: lo que hace distinguir este mineral del cobre carbonatado azul.

Composicion:

Segun Brook, consta de	sulfato de plomo..	74.4
Pb. S+Cu. H.	Óxido de cobre ...	18.0
	Agua............	4.7

Acompaña los minerales de plomo particularmente el sulfato de plomo: hállase con frecuencia pero en corta cantidad, en las minas de plomo de Copiapó i Coquimbo, como tambien en las

de plomo de las provincias Arjentinas. Una linda muestra de las de la Rioja me dió al análisis:

	(1)	(2)
Ácido sulfúrico	17.0	16.9
Óxido de plomo	34.3	34.3
Óxido de cobre	25.6	25.6
Criadero silicatado	8.8	9.0
Agua (por diferencia)	14.3	14.8

§ IV.—ESPECIES MINERALES QUE CONTIENEN ARSÉNICO, ANTIMONIO, SELENIO, FÓSFORO.

Cobre gris (*Fahlerz; Tetrahedrite, Dan*).

Se da este nombre a un gran número de especies minerales cuyos caractéres, comunes a todos, son: color gris de acero, algo mas claro que del cobre sulfúreo, lustre metálico, al soplete mui fusibles; en un tubo abierto dan sublimado blanco i olor a ácido sulfuroso; tostados, dan con la sal de fósforo o bórax reaccion de cobre, i con sosa sobre carbon glóbulo metálico de cobre; mui atacables por el ácido nítrico, disolucion verde azuleja i produccion de azufre.

Siendo mui variable la composicion de estos minerales, los clasificaremos en cinco especies distintas:

(A) Cobre gris arsenical;
(B) — — antimonial;
(C) — — plomizo;
(D) — — mercurial;
(E) — — platoso.

Esta última especie, como perteneciente a los minerales de plata, se describirá en la familia de plata.

(A) *Cobre gris arsenical.—Kupferfahlerz.—Tenancia R.—Enargita Plat.—Soroche fino de Chile.*

Dos sub-especies debemos distinguir, pertenecientes a esta categoría, llamadas *tenancia* i *enargita.*

1. *Tenancia.*—En masas, diseminada i cristalizada en formas que derivan del octaedro regular. La tenancia, que se encuentra en Cornwall, cristaliza en dodecaedros rombales con las caras del cubo i octaedro, agrupados. Color gris de acero oscuro. Lustrosa en la fractura recien hecha, pero el lustre se empaña con el contacto del aire, raspadura gris parduzca oscura. Fractura desigual o concoidea. Ps. varia de 4,38 a 5.10.

Al soplete se funde, hierve i despide humo arsenical. Despues de calcinada, produce con la sosa sobre el carbon, un grano de cobre.

Se ha encontrado en varias minas de Cornwall, i tambien en Noruega.

Es un polisúlfuro (Fe) S+$Ar^2 S^3$

2. *Enargita.*—En masas i cristalizada: cristales prismáticos, con caras de un prisma rombal de 98°11 i de un prisma rectangular; estructura hojosa con cruceros paralelos a las caras del prisma rombal, perfectos i tambien a la de los planos diagonales, claros; fractura trasversal desigual; color gris de hierro oscuro, lustro metálico algo imperfecto, raspadura negra. Al soplete, en un matracito, chisporrotea i aunmentando el fuego produce un sublimado rojizo de rejalgar; sobre carbon; olor arsenical. H. 3, Ps. 4,43—4,45.

He publicado el primer análisis de este mineral en la primera edicion de esta *Mineralojía* en 1844, análisis hecho sobre las muestras amorfas recibidas del Perú. Mas tarde, en 1850, publicó Plattner la composicion del mismo mineral mas puro, cristalizado, que provenia de Morococha, departamento de Jauli, de las cordilleras del Perú, en una altura de 14,000 piés franceses donde se halla este mineral en masas considerables amorfas, en medio de las cuales aparecen en concavidades grupos de cristales.

La misma especie, aunque con caractéres algo distintos, se halla en las minas de San Pedro Nolasco en Chile, i últimamente hace dos años, Field reconoció el mismo mineral casi tan puro como el de Morococha, en una veta en las cordilleras de Coquimbo, departamento de Elqui, a una altitud próxima de las nieves, altitud como la de Morococha i de San Pedro Nolasco. Es por consiguiente este mineral propio de los Andes sud-americanos, i de los parajes mui elevados de esta cadena. Schickendank halló el mismo mineral en Catamarca i Plücker en Morococha mina San Francisco; cristalizado.

Cítase tambien la misma especie en cristales que se distinguen por sus cruceros prismáticos, en Freyberg.

Composicion:

	(1) Cornwall	(2) Chile	(3) Perú	(4) Perú	(5) Elqui	(6) Elqui
Cobre......	45,3	48,5	44,2	47,21	48,56	48,89
Hierro.....	9,3	4,8	3,5	0,57	00,42	0,42
Zinc........	—	2,3	0,4	0,23	—	
Plata......	—	0,3	—	0,02	—	
Arsénico..	11,8	11,4	13,4	17,60	19,10	18,10
Antimonio	—	6,4	02,6	1,61	—	
Azufre.....	28,8	26,1	33,4	32,22	31,80	32,11
Criadero...	5,0	—	0,8	—	—	

(1) Tenantita cristalizada en dodecaedros, negra en la superficie; fractura llana, por dentro color gris de plomo: es un súlfuro triple de cobre, hierro i arsénico (Philips).

(2) Enarjita de San Pedro Nolasco. Color gris de acero mas oscuro que el del cobre gris antimonial de Chile, tira un poco a azulado i en algunas partes a verdoso: es de grano pequeño, i en parte de grano mui fino, que pasa a compacto; fractura desigual o concoidea. Se halla en masas i diseminado con súlfuro de cobre, del cual se distingue, tanto por su lustre i color, como por su estructura, siendo esta última en el súlfuro de cobre (en el que sale de las minas de San Pedro Nolasco), algo hojosa, de hojillas pequeñas. Sus compañeros, a mas del citado súlfuro, son la galena, la blenda, i el espato perlado (**)

(3) Id. del Perú, de color negro de hierro, estructura hojosa perfecta, plana, de triple crucero, que parece conducir a un prisma rombal; en masas i en agujas. Acompañado con la pirita ordinaria i con la blenda**.

(4) Enarjita de Morococha, por Platner: su fórmula 3 (Cu^2. Fe. Zn) S + (As. Sb.)^2 S^3.

(5) Id. de Elqui, por Field: color ménos oscuro que del anterior, estructura hojosa, de hoja ancha, pero los cruceros apénas iniciados: en algunas muestras, indicio de cristalizacion (de la Hedionda).

(6) De la misma mina que la anterior: analizada por Kobel; cruceros en dos direcciones que hacen ángulo de 98°.32' corresponde a 3 Cu_2 S + As_2 S_3. Kobel reconoció en este mineral la presencia de teluro, en proporcion 0,08.

(B) COBRE GRIS ANTIMONIAL.—(*Graugültigerz, Schwarzgültigerz*).—Los minerales de esta especie al soplete producen mucho humo antimonial. Por fuera son resplandecientes i lustrosos cuando tienen caras lisas, o con ménos lustre, cuando éstas son algo ásperas. Cristales a veces mui complicados, en los cuales predomina la forma del tetraedro truncado o biselado en las aristas i tambien con truncamientos i caras de apuntamiento en las esquinas; los biselamientos de las aristas se estienden a veces sobre todas las caras del tetraedro como en los cristales de Colquipocro en Huaylas, del Perú; tambien en jemelos. Por lo comun en masas amorfas, diseminado, con blenda i galena. Por dentro poco lustre. Estructura de grano grueso i pequeño. Fractura desigual, que se inclina a concoidea. Raspadura negra agrisada o parda rojiza. Ps. 4,5-5.

	Alemania.	Hungría.	Machetillo.	Durango.	Altar.
Cobre......	38.4	38.0	36.7	37.1	36.7
Hierro......	1.5	0 9	1.2	4 4	1.2
Zinc.......	6.8	6.8	6 9	5.0	7.3
Plata.......	0.8	0.6	2.9	1.1	—
Antimonio..	25.3	23.9	20.7	26.0	20.3
Arsénico....	2.3	2.9	6.5	—	3.0
Azufre	25.0	26.3	25.3	23.8	30.4

(1) i (2) analizados por Rose.

(3) De Chile, en masas i a veces cristalizado en formas mui complicadas con caras resplandecientes; color gris de acero claro; fractura desigual de grano pequeño; raspadura parda algo rojiza: se halla con galena i espato perlado (**).

(4) De Méjico, de un gris de acero; fractura desigual; raspadura gris negrusca (por Bromeis).

(5) De las minas de oro del Altar, departamento de Ovalle, por Field. Es amorfo, de color gris de acero oscuro; estructura granuda. Contiene segun Field 0,00003 de oro i 0,00075 de plata.

(6) Forma una vena de 5 a 6 cents. de grueso, bastante homojénea; en las minas de plata de San-Pedro-Nolasco.—Es de grano grueso, lustroso: contiene a un tiempo bastante arsénico i antimonio; analizado por don Paulino del Barrio.

Segun los indicados análisis, se ve que la composicion del cobre gris antimonial es variable, pudiendo reemplazarse en ella, en diversas proporciones, el súlfuro de antimonio por el súlfuro de arsénico, i el de cobre Cu_2 S por el súlfuro de plata AgS. La proporcion de cobre es, término medio, de 36 a 37 por ciento; pero por la plata que constantemente esta especie mineral contiene, i cuya proporcion va subiendo desde 2 milésimos hasta el grado de pasar este mineral a ser, por su importancia, especie mineral de plata (véase la familia de plata), los mineros chilenos consideran por lo comun este mineral, mas bien como mineral de plata que de cobre.

Rose opina que la composicion jeneral del cobre gris puede espresarse por la fórmula $Fe_4\ Cu_{18}\ Sb_6\ S_{21}$. Otros mineralojistas adoptan para la fórmula del cobre gris. $(Cu_2, Ag, Fe, Zu)\ S_2 + (Sb\ ,Ar)\ S^3$.

Es esta especie la mas comun en ambos continentes, i cuando amorfa, con dificultad puede distinguirse por su color i lustre de las demas especies de cobre gris i del cobre sulfúrco.

En Chile se ha hallado en Cerro-Blanco, Tres-Puntas, San Antonio, Porotos, Machetillo, Rapel i Altar; en varias minas de Combarbalá, de Illapel i Aconcagua; i en San-Pedro-Nolasco, etc.; la variedad mas hermosa cristalizada en grandes cristales lustrosos, tetraedros apuntados en sus esquinas, viene de la mina el Teniente, departamento de Rancagua. Mieres halló en la mina Rosario, Placeta Seca del cajon de Cachapoal (departamento de Rancagua) el cobre gris antimonial asociado con plata mercurial que tiene cerca de 2 por ciento de mercurio; i el señor Sieveking en Cerro-Blanco cobre gris antimonial que tiene 1.61 por ciento de bismuto, asociado con pirita cobriza i súlfuro de bismuto cobrizo.

Cobre gris, antimonio-arsenical.—Hállase en varias minas de Chile, del Perú i de Bolivia cobre gris que al propio tiempo contiene proporciones considerables de antimonio i arsénico.

Citaré tres especies de este mineral mas notables que conozco.

1. De San-Pedro-Nolasco, amorfo, de color gris de acero cla-

ro, estructura de grano grueso lustroso, homojéneo, forma venas de 5 a 6 centímetros de grueso en medio de vetas anchas, asociado con galenas,blendas, etc.; analizado por don Paulino del Barrio.

2. De Lagüeda, mina Santa Isabel, departamento de la Libertad, (Perú) cristalizado en grandes cristales tetraédricos i en masas amorfas; las caras de los cristales poco lustrosas; por dentro resplandeciente, en partes pavonado, estructura de grano grueso en partes, hojosa, pequeña, con indicio de cruceros; analizado por don Enrique Fonseca.

3. De Nuestra Señora de la Cárcel en Morococha (Perú) asociado con blenda, galena, pirita, tunstato i carbonato de manganesa. Cristalizado en cubos simples i modificados por las caras del dodecaedro rombal; cruceros paralelos al cubo, fractura concoidea o desigual; agrio, color gris de hierro, lustroso, raspadura negra, etc. Ps. 4.369, analizado por Morbach. Breithaupt le da el nombre de Sandbergit.

Composicion.	1. de Chile.	2. Perú.	3. Perú.
Cobre	34.2	38.90	41.08
Plomo	—	—	2.77
Zinc	—	—	7.19
Hierro	2.0	7.70	2.38
Antimonio	29.1	18.40	7.19
Arsénico	7.9	7.25	14.75
Azufre	24.3	26 20	25.12
Plata	0.2	0.55	
		99.00	100.48

(C) Cobre gris plomizo.—(*Burnonia, bleyfahlerz, cañutillo de Bolivia*).—Cristaliza en formas que derivan de un prisma recto de base rombal de 93° 43'. Formas habituales: son unos octaedros rombales achatados o unas tablas rectangulares biseladas. La variedad que llaman redelerz, cuya forma es cilíndrica, proviene de la union de cristales prolongados en la direccion del eje i agrupados , de modo que se cruzan dos a dos, i se penetran en ángulo recto. Siendo variable el número de cristales que se penetran, resulta de esto que el cristal se halla estriado a lo largo. Color gris de plomo negruzco; lustre metálico mui variable, a veces resplandeciente en la superficie, otras veces mui poco lustroso o tomado de colores de iris. Estructura compacta, i casualmente hojosa. Fractura casi siempre concoidea i mui lustrosa. Blanda 2,5: poco agria, quebradiza. Ps. 5,7 a 5,9.

Al soplete sobre carbon, se funde con desarrollo de un humo blanco espeso, dejando un globulito negro.

Consta, de

	(1) Alais.	(2) Méjico.	(3) Bolivia.	(4) Chile.	(5) Bolivia.
Plomo	33,9	40,2	40,52	26,6	39,82
Cobre	12,3	13,3	13,55	30,7	10,30
Antimonio	29,4	28,3	24,09	18,0	27,20
Azufre	19,4	17,8	19,40	19,8	19,59
Hierro	—	—	0,69	2,2	0,30
Zinc	—	—	0,41	2,8	0,50
Plata	—	—	0,15	0,6	0,15
Criadero					
					98,86

(1) i (2) por Dufresnoy: su formula Cu S + P b S + S b S.

(3) de Machacamarca en Bolivia, por don Francisco Perez*. —De esta localidad vienen los critales prismáticos hermosos, grandes, siempre jemelos, rayados a lo largo; o bien cilíndricos acanalados (*cañutillo*). Estos últimos con frecuencia tornasolados por fuera; aquellos de color gris de plomo con poco lustre en las bases, i lustrosos o tomados de algun viso violáceo en las caras verticales. Por dentro mui lustrosos, de lustre metálico como vidrioso, propio de esta especie que lo hace distinguir de otros cobres grises; estructura compacta, fractura concoidea pequeña; raspadura negra; Ps, 5.35. Al soplete en el matracito no da sublimado, pero se funde. El análisis es de un fragmento de cristal puro i su composicion es casi idéntica con la de la burnonia de Meixeberg analizada por Rammelsberg, cuya formula es $(Cu^2 Pb) S + \frac{1}{3} Sb^2 S^3$.

(4) Del Carrizo (Huasco-Alto) en Chile, por don Anselmo Herreros. Es bastante abundante, amorfo, de color gris de acero mui lustroso, estructura granuda, mui fusible; se halla acompañado por la pirita ordinaria i blenda. Este mineral, que por su lei bastante crecida en plata, es mui importante para los mineros, es probablemente una mezcla de burnonia i blenda piritosa; pero Field reconoció en los minerales de algunas minas de Illapel la burnonia pura, idéntica por sus caractéres exteriores i por su composicion con las especies critalizadas.

(5) Cristalizada en prismas rectos terminados por las bases i truncamientos en las aristas i esquinas de las bases: las caras del prisma acanaladas, cruceros paralelos a estas, fractura trasversal compacta; por fuera i por dentro resplandeciente. Viene de Pacuany cerca de Sicadica, departamento de la Paz, Bolivia, analizado por Stuven.

Los compañeros de la burnonia son por lo comun la galena, el hierro espático, espato perlado, cobre gris antimonial, etc.

Es un mineral bastante comun, pero no mui abundante. Los mineros americanos suelen contarlo entre los *metales frios de*

plata, se halla en muchas localidades en Europa i tambien en Méjico, Perú, Bolivia i Chile.

(D) COBRE GRIS MERCURIAL.—Se parece mucho por su color i lustre al cobre gris arsenical. En un tubo abierto despide olor de azufre, da mucho humo antimonial i un sublimado de mercurio, dejando un resíduo, que da al vidrio de bórax un color verde azulado: en un matracito con litarjirio, produce mercurio puro. Es mui atacable por el ácido nítrico, aun sin auxilio de calor.

Se halla casi en todas las minas de azogue en Chile, en Punitaqui, en Illapel, en Cerro-Blanco, en Tambillos, en Lajarilla; en masas amorfas pequeñas, diseminadas en un criadero cuarzoso, acompañadas por el carbonato azul de cobre, i una sustancia terrosa de color rojo subido, ammiolita, que proviene de la descomposicion del mismo cobre gris i es una mezcla íntima de antimoniato de cobre, de cinabrio terroso i sílice.

Se ha encontrado tambien el mismo mineral en Hungría, en Poratsch cerca de Schmolnitz, en masas compactas amorfas, en medio de una pirita cobriza; en Westfalia, etc.

Compcsicion mui variable.

	(1) Hungría.	(2) Chile.	(3) Chile.	(4) Hungría.
Antimonio	0,1848	0,207	20,4	25,48
Arsénico	0,0398	—	4,0	0,09
Hierro	0,0490	0,015	1,3	1,46
Zinc	0,0101	indicio	—	—
Cobre	0,3590	0,336	39.0	30,58
Mercurio	0,0752	0,240	11,0	15,69
Azufre	0,2334	0,202	24,3	24,37
Criadero	0,0270	—	—	—

(1) De Ketterbach, cerca de Iglo, por Scheidtauer.

(2) De las minas de Punitaqui, Manto de Valdivia**.

(3) De Lajarilla, cerca de Andacollo**: muestra purificada. Esta mina ha producido mayor cantidad de este mineral que ninguna otra. La veta atraviesa los pórfidos metamórficos estratificados. La fórmula es $(Cu_2\ Hg)\ S+(Sb\ Ar^2\ S)^3$.

(4) De Poratch, por Hauer: idéntico con el anterior.

En jeneral, los minerales de esta clase en Chile, se reconocen con facilidad, porque casi todos presentan en su esterior una diversidad de manchas azules, rojas, pardas i de un gris de acero, en una masa de cuarzo. Pero, a mas de esta especie de cobre gris, mui rica en mercurio, se encuentran en Chile otras variedades de cobre gris, sea arsenical, sea antimonial, que contienen solo algunos milésimos de azogue. Estas variedades de cobre gris tienen por lo comun poco o casi nada de plata.

AMMIOLITA (*Dana*).—*Antimoniato de cobre con cinabrio terroso.—Cinabrio subido* R.—Sustancia terrosa de un rojo subido

rojo de escarlata, en polvo excesivamente ténue i liviano que llena los poros i concavidades del criadero cuarzoso o arcilloso ferrujinoso del cobre gris mercurial, como tambien en la superficie i en las partes mas porosas o ménos compactas de este cobre gris. Este polvo se deslie en el agua i sobrenada, dándole color rojo subido. El ácido nítrico aun en ebullicion no le quita el color; el ácido clorhídrico, al contrario, lo descolora con facilidad, dejando un abundante resíduo blanco de ácido antimónico. En el matracito, sin adicion, da sublimado de mercurio.

Se halla en todas las minas de Chile arriba mencionadas, que producen cobre gris mercurial. Es por consiguiente un mineral mui comun en Chile.

Composicion variable:

El polvo mas puro que se lleva por las primoras aguas de la levigacion consta de

Acido antimónico	24.1	29.5	23.1
Oxido de cobre	16.9	15.6	18.1
Mercurio	19.9	23.6	19 8
Azufre	3.3	3.3	3.1
Oxido de hierro	2.2	3.1	1.1
Sílice criadero	24.8	8.1	etc.
Agua i pérdida	8.8	16.9	—

Es, segun toda probabilidad, una mezcla íntima de antimoniato de cobre con súlfuro de mercurio, o un compuesto de una oxísal i de súlfuro de mercurio, análogo a los que precipitan en los primeros momentos de precipitacion por el hidrójeno sulfurado de las disoluciones mercuriales.

El mismo polvo ménos puro que se obtiene en las segundas aguas, contiene mas cobre, ménos cinabrio i es mezcla del anterior con el arseniato silicato i carbonato de cobre, a veces con atacamita.

Proviene quizas de la descomposicion del cobre gris antimonial mercurial.

Rivot halló en una sustancia roja que provenia de los minerales de cobre gris mercurial de Chile, ácido telúrico en proporcion considerable: lo que indica que entre los cobres grises mercuriales de Chile, debe existir un teluro.

Seleniuro de cobre.—Es mui escaso. Color gris de plomo. Lustre metálico por dentro i mate en la superficie. Blando maleable.

Al soplete, se funde con fuerte olor de coles podridas, dejando un globulito gris metálico algo maleable: en un tubo abierto, da sublimado rojo de selenio. Consta, segun Berzelio, de

Cobre	0,6147	
Selenio	0,3853	Cu^2 Se

Es inatacable por el ácido muriático.

Se han encontrado tambien SELENIUROS DOBLES DE PLOMO I DE COBRE, i otros de PLATA I DE COBRE, de los cuales se hablará en las familias de plomo i de plata.

COBRE BLANCO (*Arseniuro de cobre*).—En masas, diseminado, amorfo. El color en la fractura recien hecha es blanco de estaño con mucho lustre metálico.

Este lustre luego se empaña, se pone amarillento, i despues toma colores de íris mui parecidos a los de la pirita cobriza. Estructura de grano fino, que pasa a compacta. Fractura desigual que pasa a concoidea imperfecta. No es tan agrio como el arseniuro de hierro, algo tenaz, ménos blando que el cobre abigarrado, i toma lustre con el cuchillo.

Al soplete, por sí solo se funde mui pronto, despidiendo mucho humo arsenical, i corroe mui luego la platina: el resíduo de calcinacion sobre carbon no se atrae por el iman. Inalterable por el fuego. Consta de

Cobre	0,7164	
Arsénico	0,2836	
	1,0000	$Cu^6 Ar^{**}$

Los minerales que lo acompañan, son el cobre rojo, el cobre nativo, el arseniato i carbonato de cobre, la plata nativa, etc.

Este mineral no es raro i hasta ahora se ha encontrado en muchas localidades en Chile, particularmente en San Antonio, Copiapó; en los Algodones, Coquimbo; en Calabazo, Illapel; en el cerro de las Yeguas, Rancagua; en las minas de cobre de Tiltil, del Teniente, de dos Puquios, de Teno, etc.; pero, segun el grado de pureza i las sustancias con que se halla mezclado, cambia de caractéres esteriores. Así el mineral de San Antonio suele contener algo de pirita cobriza: es de grano mas grueso, tomado por fuera de colores mas claros i algo lustrosos, entre los cuales trasluce el amarillo rojizo, i solamente en la fractura recien hecha su color es blanco de estaño. Consta de

Cobre	61,93
Hierro	0,46
Arsénico	20,39
Azufre	3,39
Criadero	12,39

En esta misma mina de San Antonio se encuentra plata metálica granuda en medio del arseniuro de cobre puro, cuyo color por fuera es agrisado, verdoso i azulejo mui apagado, oscuro, sin ningun matiz amarillento, i apénas indicio de lustre. El mineral de Calabazo es al contrario mas lustroso, penetrado de cobre oxidulado rojo que lo cubre por todas partes; en la fractura es de color blanco de plata, resplandeciente i no se empaña tan luego como el anterior; puede aun conservarse por mucho tiempo con

bastante lustre, envuelto en un papel, poniéndose solamente amarillento. Del mismo aspecto es el arseniuro del cerro de las Yeguas, cordillera de Rancagua, de donde se estrae en papas de forma irregular en medio de un criadero arcilloso: todo el esterior de esas papas es de subóxido de cobre, de arseniato i silicato de cobre; miéntras que en el interior, la mayor parte de la masa es el arseniuro mezclado con este mismo subóxido, de manera que en la fractura se descubren partes granudas rojas i otras de mucho lustre metálico blanco de plata. En estos casos, cuando el arseniuro se halla mui mezclado con el subóxido i penetrado de partículas rojas, es imposible purificarlo por el ácido muriático, pues este ácido en tal caso, cuando concentrado i en ebullicion, no solo disuelve el subóxido, sino tambien ataca el arseniuro, disuelve su cobre i aisla el arsénico. Por esta razon el polvo metálico de arseniuro se ennegrece, i miéntras mas se hace dijerir en el ácido muriático caliente, ménos cobre tiene i mas arsénico. Esto ha sido la causa porque las análisis hasta ahora dejaban algunas dudas sobre la verdadera composicion del arseniuro i no se podia determinar su peso específico. Felizmente conseguí obtener del propietario de la mina del cerro de las Yeguas una muestra de arseniuro puro, sin mezcla visible de sustancias estrañas: esta muestra se conoce desde luego por su gran densidad, que es de 7,1 a 7,2: mui homojénea; en la fractura fresca es de blanco de estaño ménos lustroso que el arseniuro penetrado de subóxido, i al empañarse se cubre de colores de íris mui apagados i grises; su fractura es plana, pero al propio tiempo presenta el mineral cierta desposicion para estructura algo testácea, i al fracturarse descubre en los planos de separacion de esta fractura, superficies de grano pequeño, igual, de un gris metálico algo rojizo, que no cambia de color ni se cubre de matices tornasolados. El análisis de esta muestra me ha dado las mismas proporciones de cobre i arsénico arriba indicadas, que hace diez i seis años yo habia sacado del mineral de Calabazo, sin el menor indicio de hierro ni azufre (Cu^6 Ar).

El mismo mineral se halló mezclado con subóxido de cobre i arseniato de cobre en Condurrow, cerca de Helstone, i en Carn-Brae, cerca de Redruth en Inglaterra. Blythe i Faraday reconocieron que el Condurrit no era mas que una mezcla del arseniuro Cu^6 Ar con subóxido de cobre, ácido arsenioso i arseniato de cobre.

Field analizó un arseniuro de cobre de los algodones que le dió la mitad de arsénico de lo que contiene el arseniuro Cu^3 Ar; quizás el mineral era una mezcla de este arseniuro con el subóxido. Pero independientemente de esta especie se halló en varias partes de Chile, particularmente en Calabazo, cobre metálico blanquecino que contiene 3 a 5 por ciento de arsénico; tiene el aspecto de plata nativa cobriza, es quebradizo, mas duro que el cobre nativo.

Los mineralojistas distinguen actualmente tres especies de arseniuro de cobre nativo en Chile i otras tres análogas descubrió

Gent en las minas de cobre de las inmediaciones del Lago Superior en Norte-América.

1. La mas rica en cobre, es la que Forbes llama *Darwinit* i Gent, *Wittneit*. Segun Forbes forma venas angostas en unas minas cerca del Potrero Grande (Copiapó): el mineral se parece a la plata nativa; es amorfo, estructura granuda i aunque quebradizo recibe impresiones del martillo antes de partirse; fractura plana, dureza 3.5, color en la fractura fresca, gris de plata oscuro; por el contacto del aire, amarillento de bronce sucio; lustre metálico, Ps. 8.61. En el matracito, no altera; en el tubo abierto, da sublimado blanco; al soplete se funde, humo de arsénico, etc. Segun Gent el whittneit es blanco rojizo i parduzco, sin lustre, estructura compacta, que pasa a granuda mui fina; fractura concoidea, Pp. 8.25 a 8.47.

Composicion:

	Darwinit. Chile.	Whittneit. E. U.
Cobre	88.14	87.43
Cu^{18} Av. arsénico	11.59	12.28
Plata	0.28	0.40

2. La segunda subespecie es la que Field ha hallado en los Algodones, i le dió el nombre de algodonit: sus caractéres poco se diferencian de los de la que sigue. Segun Gent, la del Lago Superior tira a blanco agrisado; estructura granuda cristalina. Con iguales caractéres i composicion análoga se halló un arseniuro en el cerro de las Yeguas. Ps. 7.63.

Composicion:

	Algodonit. Chile p. Field.	de los E. U. p. Gent.
Cobre	82.42	83.28
Arseniuro	16.95	16.01
Plata	indicio	3 10

3. La tercera es la que he descrito, Cu^6Ar i a la cual Haidinga dió el nombre de Domeykit.

Gent admite el mismo nombre para un mineral hallado cerca de Isle Royal i lo describe en los términos siguientes: ménos duro que el fluspato; color entre blanco de estaño i gris de acero, luego pasa a pardo amarillento i pardo tumbaga, i en fin toma colores de pavo real, fractura concoidea que pasa a desigual Ps. 7.75 íntimamente mezclado con cuarzo.

La de los Estados Unidos por Gent consta de

Cobre	70.36	Cu^6Ar.
Arsénico	29.36	

Debo añadir que a mas de estas tres especies se halló en varias minas de cobre en Chile cobre metálico blanquecino, particularmente en Pabellon (Copiapó), en el Teniente (Rancagua), en Calabazo (Illapel), etc., que contiene de 3 a 5 por ciento de arsénico.

El arseniuro de la mina el Cobre en Tiltil, que posee el arseniuro Cu^6Ar i es de estructura granuda mui homojénea deja en el ácido muriático, aun débil, una proporcion notable de óxido de cobre disuelto i un resíduo arsenical negro sin produccion de gas alguno; i segun parece es una mezcla íntima de óxido i arseniuro o bien un *oxi-arseniuro.*

Cobre blanco ferrujinoso (arseniuro doble de cobre i hierro), por fuera, tiene color i lustre de cobre abigarrado; en la fractura recien hecha, blanco de estaño que no cambia tan pronto como los anteriores; es tambien de estructura granuda de grano mas grueso. El arseniuro de la mina Curillenqui en la cordillera de Teno (departamento de Curicó) es de esta especie; i analizado por los señores Cuadra i Pinto, se halló compuesto de

Cobre	62.80
Hierro	8.25
Arsénico	21.30
Criadero cuarzoso	6.25
	98.60

ARSENIATOS DE COBRE.—El óxido de cobre i el ácido arsénico se hallan en la naturaleza combinados en gran número de proporciones con agua o sin agua, i a veces con arseniatos de hierro, de alumina i ácido fosfórico. De esto resultan muchas especies; mas, ninguna se halla en abundancia; i solo acompañan a otros minerales de cobre, sobre todo, a los que contienen al mismo tiempo cobre i arsénico.

Estos minerales al soplete cambian de color, perdiendo el agua; se reducen casi con detonacion sobre carbon, desarrollando muchísimo humo arsenical; i despues de soplar algun tiempo, se obtiene un boton de color de cobre. Con la sosa, dan un grano blanco metálico, ágrio. Se disuelven mui fácilmente sin efervescencia, i sin dejar residuo de sílice en el ácido nítrico.

Las especies mas conocidas son:

(1) ARSENIATO OCTAÉDRICO, LIRCONIT, *metal lenticular* R.—Cristaliza en octaedros de base cuadrada; por lo comun, en pirámides obtusas. Cristales lustrosos. Color azul celeste, pasa a verde cardenillo. Trasluciente. Estructura de grano pequeño, que pasa a compacta. Fractura desigual que pasa a concoidea, con lustre vítreo. D. 2 a 3. Ps. 2,88. Mui quebradizo. Se encuentra en Inglaterra i Hungría.

(2) ARSENIATO ROMBOIDAL ERINITE (*cobre micáceo* R).—Por lo comun, en tablas hexágonas. Color verde esmeralda algo claro, que tira tambien al de cardenillo. Tablas adherentes por las

caras laterales i agrupadas en rosas. Estructura hojosa de simple crucero, paralelo a las caras terminales de las tablas. Mui trasluciente i a veces trasparente. D. 1 a 2. Ps. 4,04.

(3) Arseniato prismático recto, olivenit (*metal aceitunado*).—En cristales mui pequeños, capilares, que tienen la forma de un prisma rombal recto, a veces globoso arriñonado, etc. Color verdinegro, verde pistacho i aceituna, amarillo pajizo. Un poco mas duro que el anterior. Ps. 4,28. Estructura unas veces fibrosa, otras veces hojosa. Opaco, rara vez trasluciente.

(4) Arseniato prismático oblícuo aphanase (*metal estriado* R).—Arriñonado i unas pocas veces en prismas pequeños rombales terminados por unos biseles, o en prismas rectangulares, agrupados en ramilletes, de suerte que solo se descubren las puntas. Color verde cardenillo oscuro, i por dentro verde cardenillo claro. Estructura fibrosa mui angosta, recta i diverjente. Raspadura verde azulada subida. D. 2 a 3, Ps. 4,2 a 4,3.

Se conoce tambien un otro arseniato que Dufresnoy describe bajo el nombre de *Euchroite* i es prismático; su forma deriva del prisma rombal recto de 127° 20', las caras verticales rayadas lonjitudinalmente; color verde esmeralda. Ps. 3,3.

Cobre espumoso (*kupferschaum*).—En masas hojosas i fibrosas que son por lo comun mezclas de arseniato de cobre, carbonato de cal, etc.

Composicion:

	(1)	(2)	(3)	(4)
Acido arsénico............	22,4	19,4	34,9	27,1
Fosfórico....................	2,3	1,3	3,4	1,5
Oxido de cobre	37,4	52,9	59,9	62,8
Alumina....................	10,1	1,8	---	---
Oxido de hierro...........	---	---	---	0,4
Agua........................	25,4	23,9	3,7	7,6

(1) Lirconita de Cornwall, por Damour. Su forma primitiva segun Dufresnoy es un prisma rombal de 107°,5'.

(2) Evinite de Cornwall, por Damour.

(3) Olivenita de Huel-Uniti, por Damour. Esta especie es la mas comun. Dufresnoy le da por forma primitiva prisma rombal recto de 110° 47'.

(4) *Aphanasa*, por Damour.

Todas estas especies i muchas otras se encuentran en las minas de cobre de Cornwall en Inglaterra i otras de Alemania. El arseniato de cobre se halla en Chile, acompaña siempre a los arseniuros de cobre, i es amorfo, de estructura compacta o terrosa, de color verde, de diferentes variedades, i siempre mezclado con los carbonatos i silicatos de cobre.

Fosfatos de cobre.—Hai tambien gran número de especies de cobre fosfatado, i ninguna se halla en abundancia. Todas son verdes, solubles en los ácidos sin efervescencia, i sin dejar resi-

duo de sílice: al soplete, no dan color a la llama, ni producen humo de arsénico: sobre carbon i con el plomo, dan un boton de fosfato de plomo cristalizado. En el matraz, dan agua, i se ponen negras. Acompañan el carbonato, el silicato, el óxido i otros minerales de cobre.

(1) Fosfato prismático oblícuo.—Cristaliza en prismas rombales oblícuos. Color verde cardenillo oscuro, que pasa a verdinegro, cuyo color tiene esteriormente. Cristales lustrosos, i por dentro lustre de diamante, que se inclina al de vidrio. Estructura fibrosa gruesa i recta diverjente en ramilletes, a veces hojosa; trasluciente. Raspadura de color mas bajo. Se halla en Rheinbreitenbach en el Rhin con cuarzo. Ps. 4,2.

(2) Fosfato prismático recto.—Cristaliza comunmente en pequeños octaedros de base rectángula. Color verde aceituna parduzco, jeneralmente oscuro, i el esterior oscuro tambien, casi negro. Raspadura parda verdosa clara. Cristales lustrosos, i por dentro lustre de cera. D. 4; agrio. Ps. 3,6 a 4,1.

(3) Fosfato compacto fibroso.—Es amorfo, arriñonado. Color verde de malaquita. Estructura fibrosa, blando.

Se ha encontrado con otros minerales de cobre en Chile.

Composicion:

	(1) Rhin.	(2) Liebeten.	(3) Liebeten.	(4) Chile.
Protóxido de cobre	0,628	0,639	0,648	0,615
Acido fosfórico	0,217	0,287	0,228	0,276
Agua	0,155	0,074	0,090	0,103
Oxido de hierro i ácido carbónico	--	--	0,026	--
	1,000	1,000	0,992	0,994

(4) De las minas de Tambillos, Coquimbo, por Field. Hállase en cantidad considerable, pero siempre amorfo, verde algo azulado, compacto, sin lustre; con hierro hidratado. Su composicion es idéntica con la del fosfato de Yagilsk en Rusia, llamado *Yagilit*. Es fácil equivocarlo con los silicatos.

El (1) analizado por Lunn, los (2) i (3), por Berthier.

Dos otros minerales nuevamente descubiertos deberian añadirse a estas especies fosfatadas i son las siguientes:

Demidovit, descrito por Nordenskiold i conocido en Niznyi Tagislk en Ural bajo el nombre de malaquita azul. Es de color azul celeste que tira a veces a verde; por fuera lustroso, por dentro sin lustre o lustre de cera; se pega a la lengua; blando como la selenita; raspadura blanca. Ps. 2,25: contiene 33,14 de óxido de cobre, 10,22 de ácido fosfórico, 31,55 de sílice, 23,03 de agua i en lo demas magnesia i alumina.

Ehlit, por Bergmann: es un fosfato de cobre que contiene 7,34, por ciento de ácido vanádico.

Fosfato de alumina cobriso.—(Calait, turquesa terrosa) amorfo, de color blanco azulejo que tira al de la turquesa, pero mui pálido claro; estructura terrosa, homojénea mui fina; blando, se deshacen en los dedos aunque con dificultad; en el matracito de agua i calcinado al calor rojo toma color gris amarillento; mui atacable por los ácidos; con el amoniaco produce un abundante precipitado blanco i la disolucion amoniacal se pone azul: forma ventas de 1 a dos centímetros de anchura algo irregulares, frecuentemente interrumpidas, que bajan casi de la superficie del cerro en todas direcciones en medio de una colina blanca en partes amarillenta, refractaria, que forma parte del terreno granítico de la hacienda de San Lorenzo (departamento de la Ligua), cerca del lugar llamado Hospital.

Es un mineral que por su composicion puede considerarse como análogo a la turquesa oriental, con la diferencia que esta última es concrecionada, dura (D. 6) tiene lustre de cera, color azul verdoso, estructura compacta, raspadura blanca, inatacable por los ácidos.

Composicion.	(1) de San Lorenzo	(2) turquesa oriental
Alumina	46,3	47,45
Oxido de cobre	6,3	2,02
Protóxido de hierro	3,3	1,10
Acido fosfórico	17,7	27,34
Agua	18,8	18,18
Sílice	7,6	
Fosfato de cal		3,51

§ 5 MINERALES DE COBRE SILICATADOS.

El silicato de cobre CuS^2 existe en la naturaleza combinado en tres diferentes proporciones con agua, constituyendo tres especies minerales bien determinadas, que son: la *dioptasa*, la *quiselmalaquita* i la *somervilia*: a mas de esto, el mismo silicato se halla con exceso de sílice, formando las mas veces una matriz de los demas minerales de cobre, i constituyendo masas, que varian infinitamente de composicion i de color.

Todos estos silicatos al soplete se ponen negros: en el matraz, dan agua; i todos se atacan por el ácido muriático, i sulfúrico, dejando por resíduo sílice. Se distinguen de los carbonatos arseniatos i oxicloruros, por la propiedad que tienen de disolverse en los ácidos sin efervescencia, i de no producir la llama azul al soplete, ni olor de arsénico sobre carbon.

1. Dioptasa.—Mui escasa. Se halla cristalizada en prismas de seis caras terminadas por apuntamientos de tres caras. Color verde esmeralda; lustrosa en la superficie, i de lustre de nácar por

dentro. Estructura hojosa, de triple crucero paralelo a las caras del romboedro. Trasluciente a trasparente. D. 4,5 a 5. Ps. 3,30. Al soplete con bórax, da vidrio, que comunica por un momento a la llama esterior un color verde, el cual vuelve a aparecer cada vez que se vuelve a calentar el vidrio. Es $CuS^2 + Aq$.

2. QUISELMALAQUITA (*malaquita silicífera* R).—Siempre amorfa, en masas, diseminada i en revestimiento. Se acerca su color verde cardenillo de diversos grados al verde esmeralda i pistacho por un lado, i por el otro al azul celeste. Lustre de cera. Estructura compacta. Fractura concoidea pequeña. Trasluciente en los bordes. Blanda, se deja cortar con cuchillo. Ps. 2 a 2,5. Su composicion corresponde a la fórmula $CuS^2 + 6Aq$.

SOMERVILIA.—Unas veces en revestimientos delgados, verdes, trasparentes, de lustre i fractura vítrea, acompañando al cobre nativo. Otras veces en masas compactas sin lustre, de color azul celeste, de estructura granuda; fractura concoidea, opaca o trasluciente en los bordes. Metida en el agua, primero sobrenada, pero luego se cae al fondo, i se pone trasluciente en los bordes o trasluciente. En fin, algunas veces se encuentra la misma especie mas pesada, de color mas pálido, i mas dura que la anterior (por un exceso de cuarzo que contiene). Esta especie consta de $CuS^2 + 4Aq$.

En Chile se halla silicato de la misma especie en masas pequeñas mui livianas, de estructura terrosa que pasa a compacta, de color verde azulejo pálido, con pequeñas puntillas ocráceas, blando, pero no se deja rayar con la uña i opone cierta tenacidad al golpe de martillo, fractura plana concoidea ancha, seco i algo áspero al tacto, sin lustre, se pega a la lengua; en el agua salen de su interior globulitos de aire i se pone trasluciente; mui atacable por los ácidos. Al soplete ennegrece, no se funden. Su composicion (5).

4. LLANCA DE CHILE.—Este es el nombre que dan los mineros de Chile a una especie de sílice verde azulada de diferentes grados, que acompaña mui a menudo a los minerales de cobre, sobre todo, a los óxidos i a los oxisúlfuros, formando revestimientos de unas venas (o guías) que constan de estos minerales, o bien, constituyendo masas, en las cuales el óxido rojo, el cobre nativo, el cobre negro, el carbonato i a veces los súlfuros se hallan diseminados. La proporcion de óxido de cobre en estas masas es mui variable, i se puede reconocer a la primera vista por el grado de color i de blandura. Las mas pálidas son al mismo tiempo mas duras, i contienen a penas 3 a 4 por ciento de óxido. Disminuyendo la dureza, i aumentando el grado de color, la proporcion del óxido sube a mas de 20 por ciento; las mas veces se halla entónces el silicato mezclado con los carbonatos, i en toda la masa se ven cintas de diferentes grados de color, verde azulado, o verde cardenillo, verde pistacho, etc, que indican el modo mui desigual con que el óxido de cobre se halla repartido o como disuelto en la sílice. Las mas vetas de cobre en Chile abundan en estos silicatos cerca de la superficie de la tierra.

Hé aquí la composicion de varios silicatos que acabamos de describir:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Protóxido de cobre....	50,1	40,0	35,1	29,5	35,7
Sílice.....................	36,5	36,0	35,4	52,2	38,5
Agua.................. ..	11,4	20,2	28,5	16,7	26,7
Oxido de hierro.........	——	——	01,0	——	0,7
Alumina.................	——	——	——	01,2	——

(1) Dioptasa del pais de los Quirguisos, por Damour.—He encontrado un silicato de composicion mui parecida en un silicato arriñonado de Punitaqui (Chile), compuesto de capas concéntricas de carbonato verde estriado i de silicato verde azulado compacto. Cu S^2+Aq.

(2) Quiselmalaquita de Siberia, por Kobell.

(3) Somervilia de Nueva-Jersey, por Berthier.

(4) Llanca, que sirve de revestimiento a unas guias de subóxido de las minas de Andacollo en Chile. Es de color verde azulado.

(5) Somervilla de las minas de cobre de la provincia de Coquimbo.

Cobre resinita (cobre negro silicatado, kupfer pecherz).—Los minerales de cobre que comprenderemos bajo este nombre, son todos amorfos, de composicion mui variable, mui comunes, i bastante abundantes en algunas minas de cobre en Chile: importa, pues, conocer sus caractéres jenerales i sus variedades mas notables.

Caractéres jenerales: son de color negro de diversos grados; desde negro terciopelo o negro agrisado, negro parduzco i pardo de hígado; lustre resinoso a veces mui débil apénas visible, sube por todos grados hasta resplandeciente; estr. compacta, fractura por lo comun concoidea pequeña; ancha o plana; mas duros que el cobre oxidado negro; raspadura negra o negra agrisada. Al soplete no cambian de color, algunos apénas se funden en los bordos; en el matracito dan agua i son mui atacables por los ácidos i por el amoniaco, con formacion de la sílice que no es soluble o solamente en parte soluble en la potasa. Algunos, acompañan el cobre sulfúreo i el cobre gris de cuya descomposicion provienen, otros, el cobre carbonatado, los óxidos i los silicatos verdes de cobre.

Distinguiremos principalmente las variedades siguientes:

A. Cobre resinita ferrujinosa no manganesífera;
B. — — manganesífera;
C. — — cobaltífera;
D. — — antimoniosa;

A. *Cobre resinita ferrujinosa.*—Es la mas comun, la mas abundante i la mas variable en sus caractéres.

1. Cobre resinita que no tiene mas que 2 a 3 p°/₀ de óxido de hierro; color negro de terciopelo, mui lustroso, idéntico con el del cobre-resinita manganesífero, pero el mineral no produce cloro cuando se calienta con el ácido clorhídrico; es de estr. mui compacta, fractura concoidea; suele formar con los ácidos sílice en parte soluble en la potasa. Es un silicato básico pero de composicion variable; mui comun, pero las mas veces forma venas mui delgadas interpuestas entre las de subóxido de cobre i las de silicato verdoso o azulejo mui silicatado (llanca). Las muestras mas puras las he sacado de las minas la Cortadera i el Brillador en las inmediaciones de Coquimbo.

2. Cobre resinita que tiene 10 a 15 p°/₀ de óxido de hierro, es homojéneo, sin mezcla de pirita, ni asociado con ella, pertenece en las vetas a la rejion de los carbonatos i silicatos verdes de cobre; su color gris oscuro que tira algo a verdoso i lustre de pez.

3. Cobre resinita que tiene proporciones mas considerables de óxido de hierro hidratado, i mui a menudo algo de sesquióxido anhidro; su lustre mas débil que el de los anteriores a veces apénas visible, su color mui variable desde el negro parduzco, hasta pardo de hígado, pardo castaño, etc.; por lo comun presenta en su masa partículas de pirita cobriza, i casi siempre acompañado por ella. Es mui comun i abundante; pasa en hondura a pirita cobriza. En su masa se hallan con frecuencia cristales bastante perfectos de hierro hidratado epijeno (chilenia). La mina Bateas en la Punta del Cobre (Copiapó) produce cantidades inmensas de este cobre resinita, de color i composicion variables.

B. *Cobre resinita manganesiano.*—Siempre de color negro de terciopelo, luestre de pez, lustroso, mui compacto, fractura concoidea imperfecta o desigual, raspadura negra; con el ácido clorhídrico produce cloro, mui atacable por los ácidos i sus disoluciones tratadas por el amoniaco producen licor azul i precipitado que da reaccion de manganesa. No es rara esta especie mineral pero en ninguna parte se halló abundante; las mas hermosas muestras vienen de la mina Las Canales, mineral del Cármen (departamento de Rancagua), donde se halla el cobre resinoso manganesiano acompañado de cobre nativo i subóxido de cobre.

C. *Cobre resinita cobaltífero.*—Por su color i lustre se parece al anterior, solamente es ménos lustroso i su raspadura mas clara, agrisada, estr. compacta, fractura concoidea ancha, algo mas duro que el espato calizo i tiene cierta tenacidad no mui comun en los cobres resinitas: su compañero es la malaquita. Solo se ha hallado hasta ahora en las minas del Cerro Negro particularmente en la de don José Herrera (Desierto de Atacama).

En la misma mina i en cantidad mas considerable se halla el mismo cobre resinoso terroso, blando, tisna, atravesado por hilitos de carbonato de cal; en partes salpicado de manchas ocráceas; deja en los ácidos residuo abundante de sílice.

Al soplete reaccion de cobalto mas marcada que la del cobre. Debo el conocimiento de estos dos minerales al señor Carvajal. (El cobalto se halla probablemente al estado de sesquióxido).

Cobre resinita antimonial (Partzit Stete feldit).—Amorfo, color negro que en partes tira a verdoso, raspadura *verde amarillenta i tanto mas clara i mas amarillenta cuanto mas se restrega en un almirez de ágata*; lustre resinoso débil, estr. compacta, en partes granuda; fractura plana o desigual; frájil. Al soplete, fijo, infusible, algo se endurece, conservando su color i algo de su lustre; algunos fragmentos chisporrotean. En el matracito, mucha agua sin indicio de sublimado; sobre carbon un globulito metálico quebradizo; soluble en el ácido clorhídrico con facilidad, separándose al principio algo de residuo rojizo; el licor se enturbia al agregar agua.

Acompaña el cobre gris antimonial de cuya descomposicion proviene. Pflücker halló este mineral en la mina de cobre de Potochi, situada frente a la ciudad de Huncavelica (Perú) acompañado con el cobre gris, llamado *pavonado*.

(Véase el tercer apéndice a mi *Mineralojía* 1871).

COMPOSICION.	A. (1) Cortadera.	(2) Brillador.	B. (1) Coquimbo.	(2) Canales.	C. Compacto.	Terroso.	D. Perú.
Oxido de cobre.	61.2	75.55	26.33	22.9	33.00	19.5	32.27
Sesquióxido de hierro..	2.9	1.26	3.05	1.6	5.50	5.0	11.14
Bióxido de manganesa......	....	0.33	39.80	48.9	....	....	....
Oxido de cobalto......	....	....	....	....	8.44	10.5	....
Acido antimonioso antimónico.........	....	....	....	....	....	....	32.93
Agua.........	17.1	12.13	15.02	13.0	22.00	16 0	18.53
Sílice..........	18.3	10.33	15.00	7.8	31.04	48.5	1 57
Carbon. de cal.	....	0.44	....	5.6	....	....	....
Oxido de zinc O. 5 ácido sulfúrico I. O.	....	....	....	....	....	....	1.50
Total......	99.5	100.04	99.17	99.8	99.98	99.5	96.94

§ VI.—MINERALES DE COBRE CARBONATADOS.

Carbonatos de cobre.—Se reconocen los carbonatos de cobre por la efervescencia que hacen, disolviéndose en todos los ácidos, i por el color verde o azul que toman sus disoluciones.

Misorina (*cobre carbonatado anhidro*).—Es mui escasa. Color pardo musco, manchado de verde i rojo por la mezcla de malaquita i peróxido de hierro. Estructura compacta, fractura concóidea pequeña. Blanda.

Malaquita.—En masas, diseminada, en pegaduras, bulbosa, ariñonada, en racimos, estalactítica, celular i mui rara vez en cristales. Su forma deriva de un prisma recto de base de paralelógramo cuyo ángulo es de 123° 35'. Cristales mui pequeños, por lo comun, capilares i en agujas, agrupados en ramilletes, o formando costras aterciopeladas. Segun Filips, hai dos cruceros paralelos a la base i a una de las caras verticales, i un tercer crucero imperfecto, paralelo a la otra. Color verde esmeralda en las variedades cristalizadas, i verde esmeralda i cardenillo de todos grados en las variedades compactas. Estructura unas veces fibrosa gruesa o fina (a veces estriada lustrosa), otras veces compacta o terrosa. Las tres variedades pasan de una a otra; i a veces en una misma masa ariñonada o estalactítica se ven zonas concéntricas compactas i estriadas, que alternan paralelamente a la superficie de las masas. La variedad cristalizada es trasluciente, o trasluciente en los bordes: las otras son opacas Es blanda. Ps. 3,50.

Puede pulimentarse, i recibir lustre mui lindo: i por esto, la variedad compacta se usa para hacer vasos, cajas, etc. Es uno de los mejores minerales de cobre para sacar por fundicion cobre mas fino; i tambien se usa en la pintura.

Se halla casi en todas las minas de cobre, en particular en las de Chile, en las cuales siempre se halla en la parte superior de las vetas.

Cobre azul.—En masas, diseminado, globoso, ariñonado, en racimos, i cristalizado en formas que derivan de una prisma oblícuo simétrico. La base comunmente rayada en la direccion de la diagonal mas larga. Cristales pequeños, rara vez medianos, agrupados en bolas i en racimos. Color azul de ultramar, que pasa a veces a azul turqui i pocas veces a azul de Prusia i de esmalte. En la superficie lustroso, i en algunas caras resplandeciente, lustre de vidrio i de diamante, por dentro lustroso i poco lustroso. Estructura hojosa con cruceros paralelos a las caras verticales del prisma i a sus diagonales (Filips); tambien estriada recta. A veces fractura trasversal concóidea pequeña, que pasa a desigual. La variedad terrosa por lo comun desmoronadiza. Mas o ménos trasluciente en los bordes. D. 3,5 a 4. Ps. 3,608.

Se halla en las minas de cobre del nuevo i antiguo continente. En Chile acompaña comunmente algunos minerales de azogue (en Andacollo e Illapel), algunos de carbonato de plomo (Paiguano, los Porotos, etc.), i otros de cobre gris platoso; miéntras que es mui escaso en las minas principales de cobre que se hallan cerca de la costa, i en las cuales en jeneral no se encuentra ni el plomo, ni el azogue, ni cualquier otro mineral que tenga arsénico, antimonio o plata.

Composicion:

	(1) Misorina.	(2) Malaquita.	(3) Cobre azul.
Protóxido de cobre	0,6075	0,7184	0,6912
Acido carbónico	0,1670	0,1995	0,2560
Agua	----	0,0821	0,0528
Peróxido de hierro	0,1950	----	----
Sílice	0,0211	----	----
	0,9906	1,0000	1,0000

(1) Misorina del Indostan (Thomson).

(2) i (3) Carbonatos puros, como los que se preparan en el laboratorio (Berthier).

Carbonato de zinc cobrizo.—Bottger encontró en unos minerales que provenian de los Altais, un mineral verde, traslucíente, blando, amorfo, diseminado en pequeñas masas o granos, i que tenia

Protóxido de cobre	0,2819
Óxido de zinc	0,4584
Acido carbónico	0,1606
Agua	0,0995

Se encuentran tambien algunas veces en los minerales de cobre en Chile, unas masas terrosas, verdes de un verde claro, que tira a azul, i parecen ser mezclas de carbonato de cobre i de calamina, otros de carbonato de cobre i de plomo.

Minerales de cobre mas raros i que no han sido hasta ahora objeto de esplotacion i de beneficio por cobre.

Tunstato de cobre—En dos distintas localidades en Chile se hallaron minerales de cobre combinado con ácido túnstico: primero en las minas de Llámuco (departamento de Illapel), i mas tarde en el cerro del Cobre, a unas nueve leguas al noroeste de Santíago, hacienda de Peralillo; minerales análogos descubrieron los mineralojistas norte-americanos en las minas de cobre de Baja California.

(1) *El tunstato de cobre* puro o que no tenga mas que 1 a 2 por ciento de cal es mui escaso; su color verde pistacho, verde amarillento: raspadura mas clara; blando; de contextura terrosa. Al soplete se ennegrece i se funde formando un glóbulo opaco algo escoriáceo i de superficie desigual. Es atacable con facilidad por el ácido nítrico aun sin ausilio de calor, dando una disolucion que por su color manifiesta contener mucho cobre, i un resíduo amarillo soluble en el amoniaco con algo de materia ocrácea; en un matracito produce agua. Forma sobre el tunstato de cal cobrizo unas cortezas de mas o ménos de un milímetro

de espesor, algo porosas, reticulares, i tambien pegaduras i venillas delgadas.

Este tunstato mezclado con el que sigue varia de composicion variando la proporcion de cobre de 5 a 12 i 14 por ciento i asemejándose mas i mas por sus caractéres al tunstato de cal cobrizo.

(2) *Tunstato de cal cobrizo.*—Es abundante en la mina Llámuco de cuyos desmontes me han traido trozos de mas de una libra de peso; ménos abundante en la de Peralillo donde se halla formando pequeñas masas irregulares, papas, riñones o pequeñas pelotillas en medio de un criadero arcilloso i ferrujinoso. En un mismo cerro i quizas en la misma veta pero en la rejion interior de los minerales piritosos se halló súlfuro de molíbdeno.

La variedad que tiene ménos de óxido de cobre, por ejemplo 3 a 5 por ciento, es de color verdoso, en partes verde que tira a parduzco por reflexion i verde manzana por refraccion; lustre débil de perla que pasa al de pez; en partes lustroso i en pequeños fragmentos traslucientes; estr. hojosa con un crucero claro o semihojoso, en un sentido trasversal granuda o compacta, escamosa; dureza la de fluspato; densidad como la de tunstato de cal; raspadura mui clara, pálida amarillenta. Las variedades del mismo mineral mas ricas en cobre (de 10 a 14 por ciento de óxido de cobre) son de color mas verde, verdinegro, o verde de prado i su raspadura mas amarilla. Al soplete son apénas fusibles en las aristas i esquinas puntiagudas; son tambien ménos atacables por el ácido nítrico que el tunstato de cobre puro, i algunas por mas que se repita sobre ellas accion alternativa del ácido i del amoniaco dejan un resíduo inatacable, en el cual se reconcentra una parte notable de la cal i del óxido de hierro. El compañero de estos minerales es tunstato de cal (Scheelit) amorfo.

Segun el doctor Genth se hallan estos minerales en Norte Carolina juntos con wolfran i tunstato de cal i ácido túnstico.

Composicion mui variable:

	De Peralillo.		Peralillo.	Llámuco.
Ácido túnstico	55.84	58.4	76.00	75.75
Óxido de cobre	29.05	25.1	5.10	3.30
Cal	1.50	1.8	15.25	18.05
Sesquióxido de hierro	3.45	4.7	1.55	----
Arcilla insoluble	4.99		0.40	1.50
Pérdida por calcinacion en un crisol de porcelana	4.62		1.70	1.40
	99.45		----	100.00

Vanadato de cobre i de plomo.—Hállase este mineral con el

plomo vanadatado, i cloro-arseniatado en la mina Grande, a unas dos leguas de Arqueros en la provincia de Coquimbo. Es amorfo, poroso o escoriáceo, pardo negrusco, mui parecido al hidrato de hierro; su contestura compacta o terrosa; se conoce por su gran fusibilidad, pues se derrite como cera en la llama de una vela sin ausilio del soplete, produciendo una perla negra algo hinchada; da tambien con el bórax o sal de fósforo un vidrio de color verde de cromo mui intenso, en la llama interior. Es bastante blando i su raspadura amarilla parduzca. Es mui soluble en el ácido nítrico. Cubre por lo comun el interior de los huecos i concavidades en medio de la masa amarilla de plomo vanadatado i arsaniatado cuya descripcion se dará en el árticulo relativo a los minerales de plomo.

Es un vanadato doble de plomo i de cobre, mezclado por lo comun con algo de cloro arseniato, i cloro fosfato de plomo. En dos análisis hechos de esta sustancia, la mas pura posible, se hallaron las dos bases i el ácido combinados en proporciones siguientes

	(1)	(2)
Oxido de plomo.............	0,549	0,5797
Oxido negro de cobre......	0,146	0,1697
Acido vanádico	0,135	0,1333

Segun estos resultados, la fórmula mineralójica de este mineral parece ser $P b^2 V + Cu^2 V$.

Se halló tambien un vanadato de cobre i de cal cristalizado en tablas o formas globulosas, verdes o grises, de lustre de perla, en Rusia i vanadato de cobre $Cu V$ en los Urales.

Blenda cobriza.—En la mina de oro del Abogado, departamento de Rancagua, se encuentra una blenda negra en la cual, segun toda probabilidad, el súlfuro de zinc se halla combinado en proporciones variables con subsúlfuro de cobre i protosúlfuro de hierro. Este mineral es de color casi negro que tira a veces a azulejo; tiene lustre metálico, contestura hojosa perfecta de hoja ancha, cruceros que parecen conducir al cubo. Al soplete chisporrotea i es casi infusible; soluble en el ácido muriático con desarrollo de hidrójeno sulfurado: contiene a veces hasta 20 por ciento de cobre: es aurífero.

§ 2 MINERALES DE COBRE CONSIDERADOS EN EL ESTADO EN QUE SE BENEFICIAN.

Los minerales de cobre, tomados en el estado en que los mineros los entregan a los beneficiadores i al comercio, son unas mezclas de las *especies minerales* que se acaban de describir, i no *especies* puras.

Los mineros del país los llaman *metales.* La diferencia que se debe hacer entre los *minerales* o *metales* considerados en el estado en que salen de las minas i las *especies minerales puras,* cor-

responde a lo que los metalurjistas franceses llaman *minerais i minéreaux:* siendo estos últimos verdaderas *especies mineralójicas*, i aquellos mezclas de especies.

En jeneral, tres clases de minerales distinguen los mineros i beneficiadores de Chile; i esta distincion se halla conforme con los principios de la verdadera ciencia. Estas tres clases se conocen bajo la denominacion de

(1) *Metales de color.*
(2) *Metales de bronce.*
(3) *Metales acerados.*

(1) *Metales de color:* estos son comunmente unas mezclas de cobre nativo i de diversas *especies minerales oxijenadas:* como son los óxidos, el oxicloruro, los carbonatos i los silicatos de cobre. La gran variedad de colores en estos minerales, i en particular el verde, el azul, el rojo de cochinilla mezclados con el negro i otros colores de diversos grados, sin ninguna mezcla de lustre metálico de bronce o de acero: hé aquí lo que constituye el carácter esterior de estos minerales. Los mas abundantes se componen de subóxido de cobre íntimamente mezclado con peróxido de hierro, anhidro o hidratado, arcilla i cuarzo: estos minerales que los mineros suelen llamar *metales almagrados*, corresponden a lo que los alemanes llaman ziegelerz (o mineral de ladrillo).

Cuando son pobres, i la *matriz* contiene mucho cuarzo (quijo), se consideran por los beneficiadores como *metales secos;* cuando en vez del cuarzo contienen mucho óxido de hierro hojoso (*hierrillo, arenilla voladora*), sirven de *liga*, es decir, de fundiente para los *metales secos*.

Cuando, en lugar de subóxido, es el óxido (ox. negro) de cobre el que entra en la mezcla con el hidrato de hierro, el mineral toma color negrusco i a veces lustre resinoso: suele tener mucha lei sin manifestarlo en sus caractéres esteriores. Así, una muestra que no parecia tener cobre i cuyo polvo era gris, dió

Oxido negro de cobre....	0,390
Hidrato de hierro.........	0,340
Sílice, algo de cal, etc.	

Otra variedad de minerales de la misma clase, es cuando predomina en ellos el carbonato verde: estos comunmente son mas *dóciles* para el beneficio; contienen a veces la mitad de su peso de cobre, i se conocen entre los mineros bajo el nombre de los *cardenillos, estrellados, etc.* Mas lo verde de estos minerales pertenece unas veces al carbonato, al oxicloruro o al subsulfato, i otras veces al silicato, al arseniato, o indistintamente a todos.

En realidad sucede que la composicion de la parte verde se halla mui complicada. En una análisis hecha por M. Jaéquot en el Colejio de minas de Paris, se encontró que el mineral verde azulejo, en que se hallan embutidas unas venas de protóxido de

cobre i de cobre metálico en algunos minerales de Chile, esportados de aquí para Francia, consta de

Oxido de cobre....	0,398	subsulfato de cobre	0,584
Acido sulfúrico....	0,101		
Agua.............	0,085		
Oxido de cobre....	0,070	silicato de cobre	0,206
Sílice.......... ...	0,071		
Agua.............	0,065		
Oxido de hierro....	0,015		
Criadero cuarzoso.	0,185		
	0,990		

De modo que es una mezcla de un subsulfato parecido por su composicion al de Méjico, i de un silicato de la misma especie que la somervilla.

Una variedad mui hermosa de malaquita estalactítica i globulosa, compuesta interiormente de capas concéntricas de color verde i verde azulado de diversos grados, de estructura fibrosa diverjente me dió:

Oxido de cobre........	0,584	carbonato verde	0,851
Agua i ácido carbónico	0,267		
Oxido de cobre........	0,064	silicato de cobre	0,139
Sílice.................	0,061		
Agua..................	0,014		
Sílice soluble en la potasa..............	0,010		
	1,000		

La composicion del silicato es casi idéntica con la de la dioptasa analizada por Vauquelin. El mineral proviene de las minas de cobre de Punitaqui.

En fin, como otro ejemplo de la complicacion de los elementos en lo *cardenillo* de algunos *metales*, voi a citar un mineral compacto, verdinegro, de fractura concoidea, mineral que se halla en papas i guias en la mina de plata llamada *Manto* de los señores Cobo en Chañarcillo. Este mineral consta de

Oxido de cobre....	0,265	soluble en el carbonato de amoniaco............	0,474
Acido arsénico....	0,048		
Acido sulfúrico...	0,018		
Agua.............	0,134		
Oxido de cobre....	0,047	soluble en el ácido muriático.................	0,111
Sílice.............	0,034		
Agua.............	0,030		
Peróxido de hierro i criadero, etc.....	0,415		
	1,000		

Es, por consiguiente, una mezcla de arseniato, subsulfato i silicato: la mezcla es íntima, casi homojénea, i sirve de criadero al cloro-bromuro de plata, que se halla comunmente en la superficie de la parte verdosa del mineral o bien en sus poros i huecos.

En fin, se puede admitir por regla jeneral que casi no hai *metales de color* que no tengan un poco de algun súlfuro de cobre, i particularmente algun indicio *de pirita cobriza* o *de sulfato.* Las mas veces, cuando la pirita aparece en proporcion notable, se halla con el óxido rojo i con otras especies oxijenadas de cobre, el óxido que se distingue por su color negro i su aspecto terroso (negrillo).

(2) *Metales de bronce.*—Todos los minerales de esta clase son unas mezclas de pirita de hierro puro (*bronce dado*), de pirita mas o ménos cobriza i de cobre abigarrado; segun el grado de riqueza que anuncian, toman los nombres de *bronce blanco, bronce amarillo, bronce tornasoleado, bronce morado.* La matriz de ellos es comunmente una arcilla gris cenicienta, mui suave al tacto (javoncillo), mezclada con cuarzo, anfíbola, yeso i a veces con óxido de hierro magnético.

Los de pirita cobriza se hallan mui a menudo mezclados con el óxido negro de cobre, tan terroso i desmoronadizo, que tiznan i se reducen con facilidad a polvo. Estos minerales negros, terrosos, que con frecuencia contienen yeso en sus matrices, se llaman en el país *bronce negro, bronce añilado,* etc.—Una variedad de bronce negro, que proviene de las minas del departamento de Huasco bajo, dió en una análisis

Oxido de cobre	0,352	
Acido sulfúrico	0,013	
Cobre id	0,393	0,591 (Cobre, Hierro, Azufre)
Hierro id	0,045	
Azufre id	0,153	
Criadero id	0,044	
	1,000	

Es por consiguiente una mezcla de óxido negro, de subsulfato i de cobre abigarrado.

Empléanse mui a menudo en los injenios de cobre en Chile, minerales mui piritosos, algunos que no tienen mas de 1 a 2 por ciento de cobre i son principalmente compuestos de pirita de hierro con poco criadero, cuarzoso, como *flujos.* Estos minerales impropiamente llamados arsénicos (pues no tienen arsénico), sirven para separar en las fundiciones *crudas* todo el cobre al estado de *ejes* i librar las escorias de este metal. Hai tambien minerales piritosos pobres en cobre, como los de Panucillo i de algunas otras minas de la parte litoral que tienen por criadero granate calizo fusible por sí: estos minerales sirven en las fundiciones de *flujos* i de *fundientes.*

(3) *Metales acerados.*—Hemos de distinguir desde luego entre estos minerales los que no contienen antimonio, arsénico, plomo ni proporcion notable de plata, de los minerales en cuya composicion entran todos estos elementos.

Minerales que no contienen antimonio, arsénico, plomo, ni proporcion notable de plata.

Los primeros son mas ricos i fusibles que ninguno de los anteriores. Constan de cobre sulfúreo puro, que no tiene mas que 1 a 5 p°/₀ de súlfuro de hierro, o bien de cobre sulfúreo mas o ménos íntimamente mezclado con óxidos de cobre, carbonatos de cobre i a veces oxicloruro de cobre.

Todos son de color gris de acero, que a veces tira a negro, otras veces a gris de plomo; tienen lustre metálico; son blandos, se dejan cortar con cuchillo; pero no son desmoronadizos, ni tiznan, como los que constan de una mezcla de pirita cobriza i de óxido negro. Su estructura es compacta, granuda o semihojosa imperfecta: su peso específico varía de 4,82 a 5,69 i en jeneral es tanto mayor cuanto mas súlfuro contienen.

Al soplete sin adicion todos se funden con ebullicion i desarrollo de ácido sulfuroso; i los mas dan en la llama interior una escoria llena de partículas metálicas rojas; los que tienen exceso de óxido son ménos fusibles que los otros; i los mas fusibles son aquellos que se componen de súlfuro i óxido en proporciones casi exactas para una reduccion recíproca i formacion de cobre. Fundidos en un crisol tapado, sin agregar algun flujo o reactivo, unos, dan eje sin variar mucho de peso, otros, cobre i eje, o cobre i una escoria rojiza, segun el caso en que el súlfuro o el óxido predomina. Estos últimos son atacables en parte por el ácido acético, el amoniaco i carbonato de amoniaco, dejando un residuo de cobre sulfúreo. El ácido muriático separa con la mayor facilidad aun en frio el óxido del súlfuro; pero ejerce tambien una accion notable sobre el súlfuro, dando lugar al desarrollo del hidrójeno sulfurado que resulta de esta accion.

Las minas que abundan mas en minerales acerados, que se componen unas veces de óxido i de súlfuro, i otras veces de carbonato i de súlfuro, son las de Andacollo. Allí el mineral forma unas venas angostas encajadas en medio de unas cintas de silicato verde azulado (llanca), i a veces acompañadas por el cobre metálico i el subóxido de cobre, que tambien forman cintas o listas angostas colocadas simétricamente en las mismas venas. Se observa que, miéntras, en jeneral, en todas las minas de cobre los minerales oxijenados se hallan encima de los súlfuros, en las de Andacollo aquellas venas de *metales acerados* se encuentran en la parte superior del cerro, i se transforman en hondura en otras de óxido rojo de cobre, i despues pasan al cobre metálico. Un caso semejante i minerales de la misma naturaleza se observan en el cerro del Teniente, en las cordilleras de la Compañía (departamento de Rancagua).

Los minerales cloro-sulfurados, es decir, los que constan de una mezcla de oxicloruro i de súlfuro, se hallan en abundancia en las minas de Cobija (en Bolivia), i se han encontrado minerales análogos en las de Brillador i de la Cimarrona (Coquimbo).

Todos dan al soplete un color azul mui hermoso a la llama, i despiden olor de ácido muriático. Algunos son tan compactos, tan homojéneos, i de tanto lustre metálico, que no dejan ver el oxicloruro que se halla en ellos.

Minerales antimoniales arsenicales i platosos. A mas de las tres clases de minerales que son los únicos que por ahora se emplean en el beneficio de cobre en Chile, hai otros que se componen de *especies minerales antimoniales i arsenicales*, i cuyo beneficio es mas difícil, por causa del antimonio i arsénico, que ligándose con el cobre, dan una pasta blanca, quebradiza. Estos minerales son: 1.° de diversas especies de cobre gris, mezcladas con galena i blenda: como son los minerales de Machetillo, de Rapel, de los Porotos, algunos de San Pedro Nolasco, del Teniente, etc.; 2.° de arseniuro i arseniato de cobre mezclados con pirita cobriza, óxido rojo de cobre i cobre sulfúreo: como son los de San Antonio en Copiapó, de Calabazo en Illapel, etc.

Muchos de estos minerales se consideran por ahora en Chile como *metales de plata* (soroche) porque en jeneral, raros son que no den al ensaye mas de dos por mil de plata i algunos tienen mas de uno por ciento. Los criaderos de estos minerales son por lo comun ménos cuarzosos que los de los *metales de color* o de *bronce*, i contienen carbonato de cal, espato perlado, carbonato de hierro, sulfato de barita i casi siempre algo de blenda, de mispiquel i de galena. Los fundidores evitan mezclar estos minerales con los anteriores que no tienen antimonio, arsénico ni plomo, i suelen beneficiarlos aparte, sacando ejes platosos que se esportan al estranjero.

Distincion de los minerales por los terrenos en que se encuentran. En fin, una de las distinciones mas importantes que se pueden hacer en los minerales de cobre, de diversa naturaleza en Chile, proviene de los panizos (*lecho*, *gisement*), o *terrenos* en que se hallan. Bajo este respecto, se puede decir que hai en Chile dos clases de minas de cobre, situadas en dos distintos terrenos.

Las mas importantes, las que producen la mayor parte del cobre i de los minerales que se esportan de Chile, se hallan en unas rocas *no estratificadas*, pertenecientes a lo que los jeólogos llaman *terreno primitivo*, *terreno de cristalizacion*, *rocas eruptivas plutónicas*, o de orijen ígneo. Las mas de estas rocas son de *diorita*, de *eurita compacta*, o de *pórfidos felspáticos verdes;* i los cerros formados de estas rocas, los que se hallan atravesados por las vetas de cobre, forman como una cadena, que no se aleja mas de unas seis a diez leguas de la costa. En esta *cadena litoral* de minas de cobre se hallan las minas del Carrizal, de San Juan, de la Higuera, de Tambillos, de Panucillo, de Tamaya, de Punitaqui, las de Paposo, de Taltal, del Cobre e infinidad de otras. En todas ellas, en jeneral, las vetas en su parte superior producen toda clase de minerales oxijenados: como son los óxidos, el oxicloruro, los carbonatos i los silicatos de cobre con óxidos e hidratos de hierro; i en la parte inferior, pirita cobriza, cobre abigarrado i a veces *metales acerados* o mezclas de

cobre sulfúreo con óxido negro de cobre. Estos minerales no tienen comunmente ningun indicio de plata, i tampoco contienen arsénico, ni antimonio, ni plomo, pero sí, con frecuencia, oro diseminado en partículas estremadamente finas, que algunas veces se aperciben a la vista, sin ausilio de un lente.

La segunda clase de minas de cobre en Chile, se halla a cierta distancia de la costa, i a una altura considerable. Estas minas se hallan en un terreno estratificado (*cerros de fajas*), llamado por los jeólogos *terrenos segundarios*, que es el mismo en el cual se hallan todas las minas de plata en Chile. Las vetas de estas minas producen en jeneral mui poco *metal de calor;* pero en ellas se *crian* todas las *especies* sulfuradas, arsenicales i antimoniales que hemos descrito. Entre los súlfuros, se ve con frecuencia cobre sulfúreo puro, que se halla en todas proporciones combinado con súlfuro de plata. Al cobre sulfúreo se juntan la blenda i la galena, otras veces el cobre gris i la galena, otras veces el cobre abigarrado i la pirita, o bien el arseniuro i los arseniatos: pero, en jeneral, todos los minerales de esta clase son mas o ménos platosos, i los mas producen en el beneficio ordinario del país pastas blancas i quebradizas. En esta segunda cadena de minas de cobre, de las cuales algunas se internan a mas de treinta leguas de la costa, se hallan las minas de San Antonio i una parte de las minas de Cerro Blanco (Copiapó), las de San Antonio, de Chingoles, de Machetillo, de los Porotos (Coquimbo), las de Rapel, de San Lorenzo, del Parral (Combarbalá), de Nancaballo, de Calabazo (Illapel), del Farellon (Petorca), algunas del cerro de Catemo, las de San Francisco en Las Condes, las de San Lorenzo (San José), San Pedro Nolasco, Púquios, etc.

Es menester advertir que cuando el mismo terreno de la costa i las mismas rocas graníticas no estratificadas vuelven a aparecer en el sistema de los Andes de Chile mas adentro, a mucha distancia de la costa, i a mucha altura, sucede que tras de esta segunda cadena de minas que se acaba de mencionar, vuelven tambien a aparecer minas de cobre de la misma naturaleza que las de la costa, con sus minerales análogos. En este caso, por ejemplo, se hallan las minas del Volcan (en el cajon de Maipo), las cuales estando situadas en un cerro granítico de diorita, producen minerales enteramente parecidos a los de la costa, sin ningun indicio de plata: miéntras que las de San Pedro Nolasco, que se hallan a poca distancia de las anteriores pero situadas en un terreno segundario, estratificado, dan minerales platosos con plomo, arsénico i antimonio, como son todos los de la *segunda cadena.*

§ III.—PRODUCTOS DE LAS ARTES.

Los *productos de las artes* que muchas veces se necesita examinar i ensayar por cobre, son los siguientes:

1.° El *cobre rojo* del comercio;

2.° El *cobre negro* o *cobre bruto*, no refinado;
3.° Los *minerales calcinados;*
4.° Los *ejes;*
5.° Las *escorias* que provienen de la fundicion de los minerales i de los ejes;
6.° Las escorias que provienen de la refinacion del cobre bruto;
7.° El *sulfato* de cobre del comercio, i el sulfato que se emplea como majistral en la amalgacion de los minerales de plata.

Cobre refinado.

Cobre rojo del comercio.—Es el cobre mas puro que se pueda obtener en una refinacion en grande. El que se puede reducir a hojas mui delgadas, o estirarse en hilos mui finos, no contiene mas que algun vestijio de hierro o de plomo; pero aun cuando no tiene ni uno ni otro, su calidad puede ser sin embargo mui variable, lo que se atribuye comunmente a una pequeña cantidad de subóxido de cobre o de carbon que se halla en el cobre mejor refinado i de la cual es casi imposible librar enteramente este metal. El análisis del mejor *cobre rojo* de Suiza ha dado a Berthier:

Potasio.............	0.38	} 0.88 p.%
Calcio.............	0.33	
Hierro.............	0.17	

El cobre refinado del injenio de Guayacan (del señor don José Tomas Urmeneta, Coquimbo), me ha dado en dos análisis hechos sobre lingotes de mui buena cualidad:

	(1)	(2)	
Hierro...............	0.16	0.50	} p.%
Cal.................	0.09	0.20	
Sílice...............	0.30	0.10	
	0.55	0.80	

El mejor cobre refinado que proviene de los minerales arsenicales o antimoniales, plomizos, o bien en cuya refinacion se emplea el plomo, tiene siempre indicio de arsenio, antimonio o plomo.

Cobre negro, o *cobre bruto del comercio, cobre en barra.*—Así se llama en los injenios i beneficios el cobre que proviene del beneficio inmediato de los minerales o de los ejes, i no se ha afinado ni refinado todavía. En este estado se hallaba la mayor parte del cobre en barra que se esportaba ántes de Chile.

Cobre en barra.

La lei del *cobre negro* de Chile varia de 88 a 98 por ciento; los obreros suelen distinguir entre las diversas clases de este cobre, uno que llaman *cobre de labrar*, i otro *cobre campanil:* el primero se refina con mayor facilidad, i es mucho mas maleable que el otro. Sin embargo, se puede decir que, en jeneral, el cobre en barra de Chile no contiene ni plomo, ni antimonio, ni

arsénico; i por esto debe ser mui bueno para la fabricacion del cobre rojo mui maleable. La lei del cobre proviene del beneficio de los minerales puros, libres de toda mezcla de las especies antimoniales o arsenicales, pende de la cantidad de hierro que contiene; i su calidad, de una pequeña proporcion de azufre i de escoria que se hallan en la barra, diseminadas desigualmente.

El análisis de diversas barras de cobre que provenian de varios injenios, en 18 40–41 ha dado por resultado la composicion que sigue:

NOMBRES DE INJÉNIOS.	(1) Culebra.	(2) Tamaya.	(3) Carcu.	(4) Andacollo.
Cobre	0,9816	0,9014	0,9809	0,9340
Hierro	0,0008	0,0638	0,0048	0,0460
Azufre	0,0077	0,0033	0,0035	------
Escoria inatacable	0,0046	------	------	0,0006
Calcio	0,0043	0,0040	0,0025	------
Sílice jelatinosa	0,0010	0,0080	------	0,0190
Antimonio	indicio	0,0010	------	------
Plata	indicio	------	------	------
Zinc	------	------	------	------
	1,0000	0,9815	0,9917	0,9996

NOMBRES DE INJÉNIOS.	(5) Sapos.	(6) Tambillo.	(7) Diaguito.	(8) Cogotí.
Cobre	0,8961	0,8815	0,9566	0,8694
Hierro	0,0421	0,1057	0,0043	0,0730
Azufre	0,0203	0,0056	0,0081	0,0480
Escoria inatacable	------	------	------	0,0006
Calcio	0,0084	------	0,0021	0,0010
Sílice jelatinosa	0,0016	0,0009	------	------
Antimonio	------	------	------	------
Plata	------	------	------	------
Zinc	------	0,0056	------	------
	0,9685	0,9993	0,9711	0,9920

Se advierte que una misma barra hai siempre partes mas i ménos ricas; i comunmente el hierro, el eje i la escoria se hallan repartidos de un modo mui desigual; i como a mas de esto, en un mismo injenio, rara vez salen dos fundiciones con cobre de igual lei, es claro que las citadas analísis no pueden acreditar ni desacreditar ningun establecimiento en particular, i solo hacen ver qué diferencia notable puede haber en la lei de las barras de cobre no refinado, i cuáles son los elementos que entran en su composicion.

Pasta blanca. Pero, a mas del *cobre en barra* ordinario, que se produce jeneralmente en los mas injenios en Chile, se debe citar el *cobre blanco* o *pasta blanca*, que se obtiene de cuando en cuando en algunos injénios, donde se funden los minerales de las minas colocadas mas adentro en la segunda cadena de cerros (p. 131). Esta pasta proviene de que los minerales de esta clase, teniendo en su composicion antimonio i arsénico, producen en la fundicion inmediata una aleacion de cobre, hierro, antimonio i arsénico, que es blanca, quebradiza, i muchas veces contiene plata.—Analizadas dos muestras de esta pasta, dieron

	(1)		(2)
Cobre	0,7501	—	0,813
Hierro	0,0742	—	0,052
Zinc	0,0136	—	—
Antimonio	0,1533	—	0,011
Arsénico	0,0048	—	0,110
Azufre	—	—	0,003
Escoria	0,0040	plata	0,001
	1,0000		0,969

La primera proviene de unos minerales antimoniales de la mina de Quiroga en Illapel; la segunda, del beneficio de minerales de la Mina Grande de Arqueros.

Minerales i ejes calcinados.—Los que provienen de la calcinacion con el contacto del aire (tuesta) de los minerales puros (que no tienen antimonio, arsénico ni plomo) son mezclas de varios óxidos, sulfatos, subsulfatos, i como la calcinacion nunca es completa, contienen restos de súlfuros no calcinados. Los minerales i ejes calcinados *al aire* ya sea en montones ya en patios, son de composicion mas heterojénea i contienen mayor proporcion de súlfuros que los que provienen de la calcinacion en los hornos; pero en jeneral, rara vez el ensayador necesitaria ensayar o analizarlos.

Ejes.—Son de composicion mui diversa; pero en jeneral constan de súlfuros metálicos en su menor grado de sulfuracion, i los que provienen de la fundicion de minerales arsenicales antimoniales o plomisos contienen siempre antimonio, arsénico o plomo.

Siendo los minerales que se benefician por lo comun en Chile en los hornos de reverbero libres de los mencionados tres cuerpos, su tratamiento metalúrjico, aun de los ménos ricos, consta de un corto número de operaciones que son: 1.° fundicion *cruda* (de los minerales crudos o calcinados, o mezclas de unos con otros); 2.° fundicion de *repaso* (de los ejes de la primera fundicion, ya sea incompletamente calcinados, ya mezclados con *metales de color*); 3.° fundicion por cobre negro (de los ejes de repaso); 4.° afinacion i refinacion del cobre negro. Es pues natural que de estas operaciones resultan ejes de tres distintas especies.

1.° *Ejes de fundicion cruda,* (o como los llaman, de la primera fundicion).—En ellos se procura reconcentrar el cobre; contienen rara vez mas de 30 por ciento de cobre, condicion que se considera indispensable para que no se pierda el metal en las escorias (Rivot).

2.° *Ejes de repaso.*—Su riqueza en cobre suele subir hasta 70 i mas por ciento; se procura sin embargo, para evitar pérdidas del metal en las escorias i para la pureza del cobre, dejar en ellos mas o ménos 20 por ciento de azufre, no siempre todo el cobre se halla en ellos al estado de súlfuro, pues mui a menudo, se distinguen en su interior a la vista o con ausilio de un lustre granos e hilitos de cobre metálico.

Se sabe que miéntras mas *impuros* sean los minerales, mas se multiplican para el beneficio de ellos, operaciones alternativas de calcinaciones i *repasos* de ejes; de lo que resultan ejes sucesivos en los que va aumentando la proporcion de cobre i disminuyendo la de cuerpos estraños, particularmente de hierro, de plomo i de arsénico.

Los ejes que en algunos injénios del departamento de Copiapó provienen de las fundiciones de los minerales platosos, i que se esportan al estranjero, contienen cobre, hierro zinc, plomo, algo de arsénico, de antimonio i una lei mas o ménos subida de plata.

3. *Ejes de las fundiciones por cobre negro.*—Son los que quedan todavía cubriendo el *baño* de cobre negro, al momento de *sangrar* el horno i se someten todavía a operaciones sucesivas con los anteriores, de los cuales jeneralmente poco se diferencian en su composicion.

Escorias.—Las escorias son de composicion todavía mas variable que los ejes, i constan principalmente de materias silicatadas, en medio de las cuales se hallan mui a menudo diseminadas segun las mezclas i fundiciones de que provienen, el cuarzo, que no ha tenido bastante fundiente i tiempo para formar silicatos, el eje en partículas mas o ménos visibles, o íntimamente mezclado i en algunas escorias cobre metálico en granos pequeños apenas visibles.

Se distinguen por lo comun tres especies de escorias que provienen de los tratamientos metalúrjicos de los minerales de cobre:

(1) *Escorias de fundicion cruda* efectuada, ya sea en hornos de reverbero, como se acostumbra hacer en Chile, ya en hornos

de manga, de cuba o semi-altos, provistos de fuelles a máquinas soplantes. Estas escorias son por lo comun mas homojéneas, compactas, lustrosas, de lustre de vidrio, difícilmente atacables o inatacables por el ácido clorhídrico; ménos todavía por el ácido nítrico; contienen mui a menudo diseminados pequeños fracmentos cuprozosos que no se han disuelto en los silicatos; como tambien partículas de eje i de súlfuro de hierro. La presencia de este último se considera como mui ventajosa para que las escorias, en parte silicatadas, no tengan oxidulo u óxido de cobre. Siendo estas escorias las que se botan, importa mucho saber ensayarlas por cobre i determinar del modo mas exacto posible la proporcion, por pequeña que sea, de este metal contenido en ellas.

Las escorias de fundicion *cruda* en hornos de fuelles, son por lo comun mas silicatadas i se considera como condicion indispensable, para que sean pobres en cobre, la presencia en ellas de súlfuro de hierro (Rivot).

(2) *Las escorias de las fundiciones de repaso i de los por cobre negro*, son todas fácilmente atacables por el ácido clorhídrico i por ácido nítrico concentrado, por lo comun negras, de lustre ménos vidrioso que las anteriores, o de lustre semi metálico, estructura ménos compacta, i pasa a granuda, de mayor densidad i poco homojéneas. Contienen proporcion notable de ejes diseminados i de súlfuro de hierro; las que provienen de las fundiciones por cobre negro rara vez se hallan enteramente libres de pequeñas granallas de cobre metálico; i son silicatos mui básicos. Estas escorias no se botan ni son objeto de comercio, i se aprovechan mezcladas con los minerales o con los ejes, en las fundiciones sucesivas: por esto, mui raros son los casos en que ocurra la necesidad de ensayarlas por cobre; pero el análisis de ellas como tambien de las anteriores puede ser mui útil, para dar a conocer la *marcha* del horno, para esplicar los accidentes e irregularidades que acontecen en las fundiciones i para indicar las modificaciones que conviene introducir en las mezclas. (*Docimasie* de Rivot, t. IV páj. 167).

(3) *Las escorias de refinacion* son mui atacables por los ácidos, contienen mucha granalla de cobre, i tambien cobre al estado de oxidulo, con los restos de los cuerpos estraños que se hallaban en los minerales de cuyo beneficio provienen, i en los flujos o fundientes de que se han hecho uso en todas las operaciones espresadas.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

§ I.—CLASIFICACION CON RESPECTO A LOS MODOS DE ENSAYAR.

Con respecto a los modos de ensayar por la *via seca*, Berthier divide las sustancias que contienen cobre, en cuatro clases, del modo siguiente:

Primera clase.—Sustancias que no contienen ni azufre, ni selenio, ni arsénico, ni metales distintos del hierro: estas son, el cobre nativo, el subóxido de cobre, el óxido, los carbonatos, los silicatos i los fosfatos de cobre, (*metales de color*), la pirita de cobre i el cobre morado completamente calcinados, i algunas escorias que no contienen plomo, ni súlfuros.

Segunda clase.—Minerales de cobre que contienen azufre o selenio, pero en los que no hai otros metales distintos del hierro: estos son, el súlfuro de cobre, el seleniuro, la pirita de cobre, el cobre morado; todos estos minerales conocidos bajo el nombre de *metales de bronce*, crudos o calcinados en grande; tambien los ejes que provienen del beneficio de estos minerales i los sulfatos.

Tercera clase.—Sustancias que ademas del cobre, azufre i hierro contienen arsénico, antimonio i otros metales: tales son el súlfuro arsenical, antimonial, estañífero, la burnónia, el arseniuro, los arseniatos, el cobre gris, los ejes i las escorias que provienen de la fundicion de estos minerales.

Cuarta clase.—Diversas aleaciones.

§ II.—MATERIAS DE LA PRIMERA CLASE.

No presentan ninguna dificultad los ensayes de las materias de la primera clase; i se obtienen resultados mui exactos. Cuando las sustancias no son mui pobres, se ensayan del mismo modo que las materias que contienen plomo al estado de óxido; pero, como el óxido de cobre tiene mas oxíjeno que el óxido de plomo, es preciso emplear una proporcion mayor de reductivo. La esperiencia ha hecho ver que 3 p. de flujo negro ordinario (3 p. de cremor tártaro por uno de salitre) bastan siempre para fundir i reducir la materia; i cuando se emplea el otro flujo, que se hace con bórax (5 p. de cremor, 2 de salitre, 1 de bórax), bastan 2 p. de flujo para fundir los minerales mas refractarios, pero no siempre para reducirlos. En este caso, se ha de añadir 0.10 a 0.20 (por 1 p) de carbon bien molido, cuando la sustancia por su aspecto esterior promete mas de veinte por ciento de cobre. *Proporcion de flujo.*

Se toma comunmente para un ensaye de cobre cinco gramos (lo que corresponde como a 200 granos españoles), de mineral o de cualquiera otra materia cuya *lei* de cobre se quiere determinar; i solo en caso que este mineral o algun producto de las artes fuese mui pobre (es decir, tuviese ménos de 5 a 6 por ciento) se deberá tomar una cantidad doble o triple de la anterior. *Cantidad de materia que se ensaya.*

Despues de haber mezclado bien la materia que se ensaya con el flujo, se coloca la mezcla en el crisol, que no debe llenarse sino hasta la mitad o a las tres cuartas partes; se cubre esta mezcla con una lijera capa de flujo puro o de sal comun, i se calienta el crisol gradualmente durante un cuarto de hora en un horno de calcinacion capaz de producir una temperatura de 50 a 60 pir. Despues de esto, se tapa el crisol con una cubierta, se lo rodea con gruesos carbones, i se adapta al horno un tubo de aspiracion *Operacion.*

como de 3 a 4 piés de altura para aumentar el fuego i fundir el tobre. Es inútil prolongar este golpe de fuego por mas de un cuarco de hora, a pesar de que esto no presentaria ningun inconveniente, porque a esta temperatura el cobre es casi fijo. En seguida se saca el crisol, se deja enfriar i se quiebra: si el ensaye ha sido bien hecho, se encuentra en el fondo una esferilla de cobre que no adhiere a las paredes, i se separa mui fácilmente de las escorias.

Horno de viento. Cuando el ensayo se hace en un horno de viento, se pueden colocar dos o tres crisoles en la cuba a la vez: se rodean estos crisoles con carbon, i se echan por encima algunas áscuas: se deja la cuba del horno sin tapa, i el cañon de la chimenea casi cerrado con su plancha, dejando una pequeña abertura para la salida del humo; i se espera hasta que el fuego llegue a la reja. Entónces es preciso destapar los crisoles, i no aumentar el fuego hasta que la sustancia deje de hervir: despues se añade carbon, se cubre el hogar con su tapa, se saca la plancha del cañon de la chimenea, i se da fuego por un cuarto de hora. En todo caso se debe examinar bien el horno que se emplea; i se puede aumentar o disminuir la temperatura retirando mas o ménos la plancha, o dejando por mas o ménos tiempo el hogar del horno sin tapa. No debe ser mui alta la chimenea de los hornos que sirven para los ensayes de cobre: una altura de 3 a 4 varas es las mas veces suficiente para fundir dos o tres ensayes a un tiempo.

Materias pobres.- Las escorias que provienen del beneficio de los minerales de cobre, pueden ensayarse del mismo modo que las materias ricas; pero, cuando contienen solo 2 a 3 por ciento de cobre, no se puede hacer uso del mismo método, porque esta pequeña cantidad de cobre quedaria combinada o diseminada en el flujo en mui pequeñas partículas. En este caso, si la escoria es atacable por los ácidos, es necesario ensayarla por la *via húmeda*, procediendo como se indicará mas adelante; si es inatacable, o se ataca difícilmente, es mas cómodo ensayarla como un mineral de hierro, i sacar todo el cobre que se encuentra en la esferilla, analizándola por la *via húmeda*. Las mas escorias de cobre inatacables por los ácidos, se funden mui bien en un crisol de brasca a la temperatura de 150° p. sin añadir ningun reactivo; sin embargo se facilita mucho la fundicion añadiendo 0.15 a 0.20 de carbonato de cal.

Fundicion con pirita de hierro. Otro método de ensayar las materias pobres en cobre, i que no tienen azufre, consiste en fundir a la temperatura de los ensayes de cobre en un crisol, 20 a 25 gramos de materia (sea mineral oxijenado pobre, o escoria) con 5 a 10 gramos de pirita de hierro comun, mui pura i bórax. La operacion se efectua del mismo modo que en la fundicion cruda para ensayar las materias sulfuradas por eje (véase el párrafo siguiente). En esta operacion, todo el óxido de cobre se reduce por el azufre de la pirita, cuyo exceso hace pasar todo el cobre de la materia ensayada al estado de subsúlfuro, sobre el cual no teniendo ninguna accion las escorias, resultan que este mismo subsúlfuro unido con el protosúlfu-

ro de hierro, forma una esferilla de eje, que queda en el fondo del crisol, miéntras que los óxidos i las sustancias pedregosas pasan a la escoria. Se vacia el crisol en un molde, se separa el eje de la escoria, i se ensaya este eje como las materias de la segunda clase.

OBSERVACIONES.—Este es el lugar de hacer dos observaciones sobre los ensayes por la via seca en jeneral.

1.ª Observacion.—Un fuego demasiado activo, i prolongado por mucho tiempo, puede causar dos inconvenientes: 1.° con el cobre se puede reducir mucho hierro, i en consecuencia de esto, aumentándose el peso de la alcacion que sale, resultaria una lei demasiado elevada; 2.° cuando los crisoles son porosos (como los mas de Inglaterra) i la corriente del áire es activa, sucede que se quema el exeso del carbon de flujo negro, i se oxida una parte del cobre, la escoria se vuelve roja, i resulta una lei demasiado baja. El primero de estos inconvenientes, es, sobre todo, difícil de evitar, cuando se hacen los ensayes con gran exeso de flujo negro i con minerales ferrujinosos, a una temperatura demasiado elevada.

2.ª Observacion.—Habiendo casi siempre en los minerales de esta clase mucho óxido de hierro i a veces óxido de zinc, i estos dos metales pudiendo alearse con el cobre a la temperatura de los ensayes, resulta que el cobre que sale de un ensaye inmediato, puede ser, en muchos casos, cobre impuro, que necesita una refinacion prolija, sin la cual los resultados no serian exactos.—(Para la refinacion del cobre, véanse los ensayes de las materias de la 4.ª clase).

Ensayes por la via húmeda.

Para determinar la cantidad de cobre por la *via húmeda*, se muele bien la materia que se ensaya i se le hace hervir con agua rejia, empleando para esto un exceso de ácido muriático, o bien ácido muriático puro si estamos seguros que el mineral no contiene especies sulfuradas, inatacables por este ácido. Se evapora el licor casi hasta sequedad, i despues se vuelve a echar un poco de ácido muriático, se añade agua i se filtra, para separar la sílice jelatinosa i todas las sustancias insolubles. Se lava el filtro, i reunidas las aguas del lavado con la disolucion, se hace precipitar el cobre por el hierro. El método mas cómodo para efectuar esta operacion, consiste en sumerjir en el licor una lámina de hierro bien limpia. Es bueno, ántes de emplear la lámina, quitarle el óxido que se halla en su superficie, por medio de un ácido débil. Se mantiene la lámina en la disolucion hasta que ya no se deponga el cobre. La precipitacion puede efectuarse al frio o con el calor; pero a la temperatura ordinaria no se concluye la precipitacion sino al cabo de veinticuatro horas, miéntras que calentando la disolucion a una temperatura que se acerque a la de la ebullicion del agua, todo el cobre se precipita en ménos de una hora. En el curso de la operacion es preciso mantener la disolucion siempre ácida, lo que se conoce mediante un papel azul de jirazol que se sumerje de cuando en cuando en el licor; i en caso que este papel no cambie pronto de color, i no se vuelva rojo, es menester añadir ácido muriático o ácido sulfúrico, porque de otro modo se formaria una subsal de hierro, la cual,

siendo insoluble, se precipitaria con el cobre. Tomando todas las precauciones convenientes, se obtiene el cobre en hojitas delgadas lijeras, de color rojo i mui puras. Se lava el cobre mui pronto con mucha agua caliente, primero por decantacion, i despues en el filtro, hasta que el agua del lavado no se enturbie añadiendo nitrato de plata. Se comprime el filtro en el papel que absorve el agua, i se seca con calor inferior a la temperatura de la ebullicion: en seguida se pesa. Si se calienta demasiado, o si se lava mui lentamente, se oxida sensiblemente el cobre. Algunas veces el cobre precipitado se halla mezclado con unas escamitas de hierro, que provienen de la lámina de hierro por la que se ha efectuado la precipitacion; en este caso el cobre se hace magnético, lo que no sucederia si estuviese puro. Para evitar este inconveniente, es preciso emplear láminas de hierro que no sean mui delgadas, i ajitar de cuando en cuando el precipitado, manteniendo el licor siempre con un exceso de ácido.

Observaciones.—Este método, tan sencillo i tan exacto en sus resultados, exije que se tomen muchas precauciones en la práctica, sin las cuales es fácil cometer graves errores: estas precauciones son las siguientes:

Acidos. 1.° *Con respecto a los ácidos.*—Aunque todos los minerales oxijenados son atacables por el ácido muriático, se ha de advertir que, habiendo casi siempre en el *comun* de los minerales de esta clase, aun de los *metales de color* mas puros, alguna mezcla de cobre sulfúreo, es menester agregar algunas gotas de ácido nítrico, i hacer hervir despues el licor, para que salga el exceso de este ácido. Añádase tambien ácido nítrico siempre que tenemos en el mineral subóxido de cobre que se debe de pasar al estado de protóxido, sin lo cual podria quedar un poco de cobre en el resíduo al estado de subcloruro, cuando se agrega agua a la disolucion muriática. Cuando por falta de ácido muriático se hace uso del ácido sulfúrico, entonces, siendo el sulfato de cobre insoluble en el ácido sulfúrico concentrado, se forma mucho resíduo blanco, que se pega al vidrio; i puede romperse la botella. Para evitar esto, i completar la disolucion de la materia cobriza, se deja enfriar el ensaye, se agrega agua por pequeñas cantidades, hasta que se disuelva todo el resíduo blanco, i se examina todo el polvo que queda. Los matraces en que se hace hervir licor deben ser de cuello largo para evitar proyecciones i volatilizaciones si se emplean grandes excesos de ácido.

2.° *Con respecto al resíduo que queda.*—En jeneral se ha de hacer hervir el ensaye con los ácidos, i agregar nuevas cantidades de ácido, hasta que la parte *inatacable*, o el polvo que queda en la botella, se vuelva blanco. Pero sucede mui a menudo, que la *matriz* del mineral (el criadero), consta de un silicato negro o una arcilla betuminosa, a veces grafita, que no puede cambiar de color, por mas que se prolongue la accion de los ácidos. En este caso, se cosidera por concluida esta operacion cuando al agregar una nueva dósis del ácido, no se percibe ningun cambio de color en el resíduo, el cual, despues de la filtracion i del lavado, se ha de ensayar al soplete, con el bórax, a fin de asegurarse que no contiene cobre. Siendo la operacion de evaporar hasta sequedad la disolucion de la materia que se ensaya, algo fastidiosa i sujeta a pérdidas del óxido de co-

bre, en caso que se calentase demasiado el residuo al fin de la evaporacion, se puede en algunos casos omitir esta operacion, con tal que el licor filtrado pase perfectamente claro, i que este licor se mantenga siempre con un exceso de ácido. La evaporacion, sin embargo, se debe considerar como indispensable si durante la ebullicion del mineral con los ácidos, aparece *sílice jelatinosa*, que se pega a las paredes del vidrio, en partículas semi-transparentes, i la cual ocasiona muchas veces saltos i proyecciones. En caso de sospecha que se ha precipitado un poco de sílice con el cobre durante la reduccion, se debe disolver el cobre (ya seco i pesado) en el ácido, a fin de ver si queda residuo de sílice sin disolverse. En todo caso es útil evaporar la disolucion hasta sequedad, tanto para hacer salir completamente el ácido nítrico, si se ha empleado, como para secar la sílice i hacerla completamente insoluble.

3.° *Con respecto a la precipitacion del cobre.*—Conviene que la disolucion tenga cierto grado de concentracion, para que el cobre se precipite en hojitas delgadas, i no en polvo. Cuando se agrega demasiada agua, el precipitado se halla en un polvo mui fino, liviano, que puede ocasionar pérdidas en el lavado, i se oxida mas fácilmente; en este caso aun la precipitacion se hace mas lentamente, i no es completa. Se debe evitar de emplear para esta operacion láminas de hierro demasiado delgadas, o bien las que no estén perfectamente limpias. Lo mejor es valerse de unas barritas hechas a propósito, que tengan 2 a 3 pulgadas de largo, i 2 a 3 líneas de grueso; se encorvan un poco estas barritas, i se sumerjen enteramente en la disolucion que se vierte para esto en una tacita de porcelana. Se tiene cuidado de que la superficie del hierro esté perfectamente bruñida, sin asperidades. Un poco ántes de la operacion, se envuelve esta barrita en un papel, i se la calienta en un baño de arena, a fin de introducir el hierro bien caliente en la disolucion caliente: de este modo se evita que el precipitado de cobre se pegue a la superficie de la barra. No se debe mantener demasiado tiempo la barra en el licor, porque la disolucion se cargaria demasiado con sales de hierro, i seria largo i defícil el lavado. El hierro debe ser de buena calidad: lo mas puro posible: el hierro ordinario inglés deja mucho resíduo negro que se pega al cobre. Se puede emplear con ventaja el alambre mui grueso envuelto en forma de espiral. Luego que el licor pierda enteramente su color verde azulado, se limpia la superficie del hierro con un pincel; i si despues de algunos minutos nada se precipita sobre esta superficie, la operacion está concluida. Se puede tambien hacer uso de alambre fino o de cuerdas de piano cortadas en pequeñas partículas, tomar de este peso que se calcula como necesario i prolongar la precipitacion hasta que se disuelva completatamente el hierro. *Precipitacion.*

4.° *Cantidad de hierro que se disuelve.*—El peso de hierro empleado en la precipitacion del cobre es siempre mucho mayor (triple o cuádruplo) de lo que corresponderia, equivalente por equivalente, al peso del cobre precipitado; pues a mas de aquella parte de hierro, que en realidad quita oxíjeno al óxido de cobre i lo reduce al estado metálico, cantidad notable de hierro se disuelve por la accion de las *persales* de hierro (que nunca o mui rara vez faltan al licor del ensayo) sobre el hierro metálico, i una parte de este último se halla atacado directamente por el ácido con desarrollo de hidrójeno en los últimos momentos de la operacion.

5.° *Con respecto al lavado.*—Se debe efectuar el lavado con mucha agua *Lavado.*

tibia. Un ensaye de 30 a 40 por ciento de cobre, aunque no hubiera sino mui poco de hierro en la parte estéril, necesitaria 1 a 2 cuartillos de agua. Se principia por lavar por decantacion i de seguida, parándose solo en los intérvalos absolutamente necesarios para que se asiente el cobre. Las primeras aguas salen claras, i las que siguen despues, se enturbian i se ponen rojizas, produciendo a veces unos copos pardos, que en parte sobrenadan, i en parte se mezclan con el precipitado del cobre. Resulta esto de la facilidad con que se descomponen las disoluciones de las sales de hierro en unas sales ácidas que quedan en el licor, i otras *subsales* que se precipitan. Miéntras la disolucion queda ácida, como sucede siempre al principio del lavado, esta descomposicion no se verifica; pero despues, cuando el licor se halla casi neutro, las aguas se enturbian, i entónces se deben decantar éstas mas pronto que anteriormente; i se agregan algunas gotas de ácido muriático, a fin de que la dicha *subsal de hierro* se vuelva a disolver. Es menester prolongar el lavado por decantacion, i agregar gotas de ácido, hasta que las aguas del lavado se vuelvan perfectamente claras, i no se enturbien mas; desques se llena todavía unas dos veces la taza con agua hervida, a fin de quitar todo el exceso de ácido; i se pasa el precipitado de cobre en un filtro redondo, llano, doblado solo en tres partes. Cuando la materia que se ensaya es mui rica, por ejemplo de mas de 30 por ciento de cobre, es necesario limpiar i sacar el hierro en el momento en que desaparece el color azulejo de la disolucion, i se concluye la precipitacion en una otra taza, decantando en ella el licor de la primera i volviendo a sumerjir en este licor la misma barrita. Se debe ayudar en tal caso la precipitacion de las últimas partículas de cobre calentando el licor en esta segunda taza hasta la temperatura de ebullicion i se agrega ácido, sin que pueda perjudicar al ensaye la demasiada cantidad de sal de hierro que se forma: porque en este caso se recojen en esta segunda taza apenas cuatro a cinco centígramos de cobre que se lavan con mayor facilidad i se libra de las sales que se forman al fin de la precipitacion, la totalidad de cobre que se continúa lavando en la primera. Para evitar pérdidas de hojillas mui livianas de cobre en la decantacion, se puede pasar las aguas de la primera taza a la segunda, i de esta a una gran vasija de loza donde se recojen todas las aguas de lavado i no se botan sin examinar ántes el resíduo que depositan.

Sin embargo, con todas estas precauciones, no se logra lavar bien el cobre i librarlo de materias ferrujinosas cuando la materia que se ensaya es un mineral de 40 a 50 °/₀ de cobre, o si es cobre negro o cobre refinado; en estos casos no se debe tomar para el ensaye sino cuando mas, dos o tres gramos de materia cuya lei se quiere determinar, i no cinco gramos como para los ensayes que por lo comun se acostumbra practicar en Chile.

6.° *Accion electro-química* e inexactitud que de ella puede resultar. Cuando se emplea un gran exceso de hierro para precipitar el cobre contenido en el ensaye, sucede que, precipitándose una cantidad considerable de cobre sobre el hierro, puede formarse entre este metal i el cobre un circuito eléctrico, i por la accion de este circuito, una pequeña proporcion de hierro puede depositarse sobre el cobre precipitado i mezclarse intimamente con él, de manera que en tal caso, difícilmente se separaria esta proporcion del

hierro, ya sea mediante el ácido clorhídrico ya por medio de ácido sulfúrico diluido (Rose).

7.° *Con respecto a la operacion de secar.*—Para que el polvo no adhiera al papel, es preciso evitar de recojer este polvo en el filtro ántes de lavar bien el cobre, i quitarle todo el ácido por decantacion. Despues se saca el filtro del embudo, agarrándole por el borde del filtro i, sin tocar con los dedos la parte que contiene el cobre, se pone el filtro sobre el papel secante (papel José) que absorve mui pronto el agua; en seguida se ha de secar el cobre, a una temperatura de 40 a 50° cent., evitando de apretar el filtro con los dedos. Se debe prolongar esta operacion hasta que el filtro con el cobre deje de disminuir de peso; i se debe pesar el polvo todavía caliente. De este modo, el polvo se aglomera, i se separa con la mayor facilidad del papel sin dejar nada en su superficie. Cuando la cantidad del polvo es considerable, por ejemplo de 2 a 3 gramos, es bueno ponerlo despues de haberlo secado, en una pequeña cápsula de porcelana, desagregar este polvo con un tubito de vidrio seco, i continuar a secar, siempre con la misma temperatura, que no debe ser ni demasiado elevada, porque se oxidaria el cobre; ni demasiado baja, porque quedando por mucho tiempo el cobre húmedo con el contacto del aire, absorveria tambien oxíjeno. *Operacion de secar.*

Con todo esto, es difícil evitar que una pequeña cantidad de cobre pase al estado de subóxido; pero este aumento del peso se compensa con una pequeña pérdida del metal, que queda en la disolucion sin haber podido precipitarse por el hierro. *Compensacion de los errores.*

Siendo el ensaye de cobre sujeto a varias casualidades, se aconseja a los ensayadores de hacer siempre de cada materia dos ensayes a un tiempo, i si en los resultados obtenidos la diferencia de uno a otro no pasa de uno por ciento, tomar el término medio. Si la diferencia es considerable, hai que hacer un tercer ensaye. *Necesidad de hacer doble ensaye.*

Para evitar las pérdidas i recargo del peso de cobre arriba señalados (5, 6 i 7), Rose aconseja emplear en los ensayes por la vía húmeda el zinc, con tal que este metal sea puro i no deje resíduo alguno disolviéndose en los ácidos diluidos. En tal caso, se vierte la disolucion de cobre convenientemente concentrada en una cápsula de platino, de peso conocido, i se introduce en ella un pequeño pedazo de zinc. Si el licor es neutro, se le añade bastante ácido clorhídrico para que principie a desarrollarse hidrójeno, sin que este desarrollo sea demasiado violento. Durante la operacion se tiene la cápsula cubierta con vidrio. La separacion de cobre principia inmediatamente; una gran parte de cobre se deposita sobre la platina cubriéndola de un precipitado compacto, miéntras que la otra parte se separa en forma de una masa esponjosa. Al cabo de algunas horas todo el cobre se halla precipitado. Asegúrese que todo el zinc se ha disuelto, buscando con una espátula si ha quedado en medio del cobre alguna cosa dura, i averiguando si al añadir algo de ácido clorhídrico se desarrolle todavía gas hidrójeno debido a la presencia del zinc. Convencido el ensayador de que todo el zinc se ha disuelto, decanta el licor claro, que no debe cambiar de color por el hidrójeno sulfurado, e inmediatamente se vierte agua caliente, prolongando el lavado hasta que las aguas que se decanten cesan de enturbiarse por el nitrato de plata. Se deja escurrir el resto de agua, se seca lo mas pronto posible el cobre en la misma tasa de platina a la temperatura de 100° i se pesa. La reduccion de cobre en una cápsula de platina *Precipitacion de cobre por el zinc.*

se efectua mas rápidamente que en una tasa de porcelana o de vidrio, que tambien puede servir para la misma operacion. Rose recomienda este método de ensaye como fácil, rápido i bastante exacto. (*Analisce quantitative*, 1862, páj. 258).

Ensaye por el hidrójeno sulfurado. Cuando la proporcion de cobre es mui corta se puede obtener el cobre de un modo mas exacto, precipitándolo por el hidrójeno sulfurado. Con este reactivo se reconoce la existencia de mui corta cantidad de cobre en un licor; i, por esto, se hace uso del hidrójeno sulfurado para examinar las materias mui pobres. Es preciso disolver la sustancia que se ensaya, en un ácido, i pasar por la disolucion una corriente de gas hidrójeno sulfurado, el que se prepara por medio de protosúlfuro de hierro, agua i ácido sulfúrico, en una botella a la que se adapta un corcho atravesado por un tubo corvo. Este tubo sirve para introducir el gas en la disolucion; i formado que esté el precipitado, se recoje el súlfuro en un filtro, se lava con agua que contenga en disolucion un poco de hidrójeno sulfurado, i se seca. Despues se calcina este súlfuro con el contacto del aire en una cápsula de platina o de porcelana: se lo pone en seguida en un crisol de platina para aumentar el fuego, i descomponer el sulfato; i si la cantidad de residuo no es considerable, se considera como óxido puro.

§ III.—MATERIAS DE LA SEGUNDA CLASE.

Las materias de esta clase son unos súlfuros o sulfatos. Examinemos primeramente estos últimos.

Sulfatos.—Los sulfatos de cobre dan con el flujo negro cobre perfectamente puro; pero en la escoria queda siempre cierta cantidad de súlfuro doble de cobre i de metal alcalino. Puesto que los sulfatos de cobre se descomponen totalmente por el calor, un método seguro i mui cómodo de ensayarlos, consiste en calcinarlos en un crisol de platina al calor albo, hasta que ya no se exhale ningun olor de ácido sulfuroso. El residuo se compone solo de óxidos, i fundiéndolo con tres veces su peso de flujo negro, se estrae todo el cobre al estado metálico.

Fundicion por crudo. *Súlfuros.*—Se ensayan las materias que contienen súlfuro de cobre, por eje, o bien por cobre. El ensaye por eje es lo que se llama *fundicion cruda* (fonte crue), i tiene por objeto determinar la proporcion de los súlfuros i la del criadero que hai en un mineral de cobre: por consiguiente, por este ensaye se determina la cantidad de eje que se puede estraer de un mineral en grande, mediante una *fundicion cruda*, es decir, en la primera fundicion del mineral sin haberlo calcinado.

Es mui sencillo i fácil el ensaye por eje: consiste en fundir el mineral con un reactivo que facilite la fundicion del *criadero* sin ejercer ninguna accion sobre los súlfuros. Ningun flujo llena mejor estas condiciones que el bórax. *Todas las sustancias se funden bien con un peso igual al suyo, de bórax vitrificado a la temperatura de* 60° *p.* En esta clase de ensayes pueden emplearse los

crisoles de tierra sin carbon; pero entónces es preciso tomar precauciones para recojer el eje, i no perder nada: lo que no es fácil de verificar, porque el eje es mui quebradizo i comunmente adhiere a las paredes. Se evita este inconveniente empleando crisoles de brasca; i aun no se puede hacer de otro modo, cuando se ensaya una materia mui pobre. Si se quiere emplear los mismos flujos que se usan en grande, es decir, la cal, el óxido de hierro, el cuarzo, es preciso hacer el ensaye en un crisol de brasca con el calor de 150 (p. 13), procediendo del mismo modo que para hacer ensayes de hierro.

Estos ensayes por eje son mui útiles para los beneficiadores que ántes de fundir su mineral o mezcla de minerales deseen saber si en la mezcla hai un exceso de *metal de color* o de *bronce*, cuánto eje puede producir la fundicion i de qué lei saldria el eje.

Es útil advertir que, en todo caso, los súlfuros que constituyen el eje se hallan al *mínimum* de sulfuracion, miéntras que en el mineral se hallan muchas veces unos persúlfuros. En este caso, se sublima cierta cantidad de azufre durante la fundicion; i por consiguiente no se puede deducir el peso del criadero del peso del eje.

Para determinar la proporcion del criadero silicatado de los minerales que no contienen proporcion notable de hierro olijisto o materias ferrujinosas atacables por el agua rejia, mejor es ensayar el mineral por la via húmeda; i para esto, es preciso reducir a polvo el mineral, i atacarlo por el ácido acético. Este ácido no puede disolver sino las partículas de criadero, que constan de carbonato de cal. Despues se lava, se seca, se pesa el residuo, i se vuelve atacarlo por el agua réjia, la cual corroe i disuelve los súlfuros, dejando cierta cantidad de azufre en el residuo. Se recoje este en el filtro, se lava, se seca, i se calcina con el contacto del aire para quemar el azufre; restando el peso de este residuo que es inatacable por los ácidos, i el peso del carbonato de cal que se ha determinado por medio del ácido acético, del peso total del mineral que se ha ensayado, se deduce el peso de la parte metálica del mineral. En fin, combinando este método con el anterior que se hace por la via seca, para determinar la cantidad de eje, se adquiere aproximativamente el conocimiento de la naturaleza del mineral.

Ensayes por cobre: via seca.

El ensaye por cobre de una sustancia que contiene súlfuros, exije necesariamente que se la calcine con el contacto del aire; i esta operacion se debe hacer con tanto cuidado, que despues no quede en el residuo de la calcinacion ni azufre ni ácido sulfúrico; porque en el caso contrario, fundiendo este residuo con un flujo reductivo, las escorias retendrian cierta cantidad de cobre.

Calcinacion de los súlfuros.

La calcinacion con el contacto del aire del súlfuro de cobre puro o de súlfuros dobles de cobre i hierro es una operacion fácil de ejecutar: la única precaucion que exije, es templar el calor durante algunos instantes para evitar la aglomeracion; pero luego que se produzca una corta cantidad de óxido, se lo puede calen-

tar hasta el rojo naciente sin temer este inconveniente. Se debe ajitar continuamente la materia, a fin de presentar al contacto del aire todas las partículas sucesivamente. Cuando ya está un poco adelantada la calcinacion, es bueno elevar de cuando en cuando la temperatura hasta el calor rojo vivo, para hacer obrar los sùlfuros sobre los sulfatos, i operar una descomposicion recíproca. En fin, cuando haya cesado enteramente la exhalacion del ácido sulfuroso, se tapa el crisol, se echa por encima un poco de carbon, i se adopta el tubo de aspiracion, a fin de mantener el resíduo con calor albo por algunos minutos, para descomponer hasta las últimas partículas del sulfato. Cuando la calcinacion ha sido completa, fundiendo despues el resíduo con 2 a 3 veces su peso de flujo negro, se estrae casi todo el cobre al estado metálico, i el hierro queda diseminado en la escoria, en parte al estado de óxido i en parte al estado metálico mui dividido. Si al contrario la calcinacion se ha ejecutado mal, adhiere a la esferilla de cobre un poco de eje, que se reconoce por su color i contestura; i la escoria queda con azufre reteniendo cobre en su combinacion.

Calcinacion. OBSERVACIONES.—Entre los minerales de esta clase, hai unos que se calcinan mas fácilmente que otros. En jeneral, los que constan de óxidos i de súlfuros (por ejemplo, los de la clase de metales acerados) son tan fusibles, que es casi imposible evitar la fusion en el momento en que principia su calcinacion, si no se mezclan de antemano con un poco de carbon molido. Hai otros, particularmente algunos de pirita cobriza de poca lei, mezclados con sulfatos de cal i arcilla, que se calcinan con la mayor dificultad; i solo despues de una larga calcinacion i despues de haber elevado repetidas veces la temperatura, mezclando el residuo con carbon, tapando el crisol, i dando golpes de fuego, se logra obtener, en la fundicion con los flujos, una esferilla de cobre sin indicio de eje.

Cobre del ensaye. Pero, de cualquier modo que se haga la calcinacion, i despues la fundicion del ensaye, es de advertir que rara vez el cobre sale puro, sin ninguna mezcla de hierro. La cantidad de este último en jeneral es tanto mayor, cuanto menor es la lei de cobre de mineral, cuanto mas refractario en su criadero, i cuanto mas se prolongan las dos citadas operaciones. Para probar lo dicho, citaremos unos dos ejemplos.

1.° Un mineral del Huasco Bajo de la mina de la Quebradita, compuesto de pirita cobriza de color amarillo pálido, mezclada con yeso, cuarzo i arcilla, presentó dificultades mui grandes en la calcinacion. Despues de repetidos ensayes en que el cobre salió siempre rodeado de eje, se logró obtener una esferilla del metal sin ningun vestijio del eje.

5 gramos de mineral dieron 1,50 de cobre.

Este cobre tenia un color rojo oscuro, se achataba debajo del martillo; pero no se podia estirar en hojas delgadas. Para analizar este metal, se disolvió en agua réjia, despues se precipitó el cobre por el hidrójeno sulfurado; i se examinó el licor que resultó de la separacion del súlfuro. En este licor, agregando amoniaco, se en-

contró 0,86 de peróxido de hierro, lo que corresponde a 0,59 de hierro; i realmente, 5 gr. del mismo mineral ensayados por la via húmeda, dieron 0,93 de cobre puro.

2.º Un mineral de la mina del Alto en el Rincon (Chorros Altos), compuesto de una mezcla de pirita cobriza, de óxido negro i subsulfato de cobre, con criadero algo parecido al anterior, dió en un ensaye por la via seca:

de 5 gr. de mineral.—2 gr. 018 de cobre.

Estos 2.018 de cobre analizados como ántes, dieron 0.076 de hierro, i por consiguiente la verdadera lei del mineral era 38 8.10 por ciento, i no 40 3.10.

Estas observaciones manifiestan que los ensayes por la vía seca no pueden inspirar una confianza i seguridad perfecta, si el cobre que resulta de ellos no se somete a una operacion particular, que se llama *refinacion*, i de la cual se tratará en el párrafo quinto, hablando de las aleaciones.

Cuando las materias de la segunda clase tienen mui poca lei, i están cargadas de hierro, las escorias que resultan del ensaye son siempre *pastosas;* i por mucho cuidado que se tome, quedan algunas granallitas de cobre, cuyo peso se eleva algunas veces de dos a tres por ciento. Se puede minorar esta pérdida, añadiendo al flujo negro cerca de 1 por ciento de bórax, para hacer las escorias mas líquidas; pero es preferible en este caso estraer el cobre por la vía húmeda, disolviendo el mineral en agua réjia, i precipitando el cobre por el hierro. Aun mucho mas cómoda es la *vía húmeda* para ensayar todos los minerales de la segunda clase; i es tanto mas preferible a la *vía seca*, cuanto que los antiguos docimasistas, que tenian mucha predileccion por la vía seca, aconsejaban sin embargo muchas veces de emplear la vía húmeda para ensayar los minerales piritosos (1).

Sin embargo, los ensayes de los minerales de cobre por la vía seca pueden ser de mucha utilidad para los *beneficiadores* o directores de los injenios de cobre, cuando en estos ensayes se reproducen en pequeño las operaciones que se efectúan en los tratamientos metalúrjicos de los mismos minerales en grande: porque estas operaciones en pequeño darán a conocer al ensayador

---

(1) Esta es la opinion del señor Berthier, bajo cuya inspeccion se ha introducido en el laboratorio de la Escuela Real de Minas en Paris, el método de ensayar las materias de cobre por la vía húmeda, hace muchos años. El mismo método se ha adoptado en el Colejio de minería en Falhun (en Suecia) por Sefstroem: i en Inglaterra empiezan ya a dar gritos contra el antiguo método de ensayar por la vía seca, que todavia prevalece en Cornwall. Uno de los sabios de aquel país, De la Beche, en su obra, la jeolojía de Devon i Cornwall (*Economic geology of Devon and Cornwall*), hablando del ramo de la minería en Cornwall, dice: «the mode of assaying copper ores, is usually conducted in a somewhat rough manner, and accurate results can scarcely be expected from it. Indeed, chemistry has made butt little progress among the assayers in Cornwall.»— Véase *Bulletin of the proceedings of the National Institution for the promotion of science.*—Washington, 1841, páj. 55.

la marcha que convendrá seguir en dichos tratamientos en grande, las dificultades que ocurrirán en el beneficio i la calidad del cobre estraido. Con este motivo describiré mas adelante el método por la vía seca adoptado en Inglaterra para los minerales piritosos que jeneralmente tienen arsénico i antimonio.

Ensayes de la misma materia por la via húmeda.

Se ensayan las materias de esta segunda clase por la vía húmeda del mismo modo que las de la primera, con la diferencia de que para atacar las materias sulfurosas es indispensable emplear el agua réjia. Siendo la presencia de un exceso de ácido nítrico perjudicial a la precipitacion del cobre por el hierro, es necesario evitar este exceso, i por esto se debe verter sobre la materia molida en el matraz toda la cantidad de ácido clorhídrico que se necesita de una vez i se agrega el ácido nítrico por pequeñas cantidades hasta que desaparezca en el resíduo toda la parte metálica sulfúrea. Se ayuda la accion de los ácidos calentando moderadamente el matraz i aumentando progresivamente el calor hasta que separado el azufre, sobrenade en el líquido i tome color amarillo claro. Sucede que la accion del agua réjia principia repentinamente i puede ocasionar pérdidas del licor que se eleva en ebullicion hasta la boca del matraz i sale de la botella. Sucede tambien que al separarse la mayor parte de azufre al principio de la reaccion, se embute en su interior una parte del mineral no atacado i se forma una masa medio fundida, de la cual no se puede librar partículas cobrizas por mas que se prolongue la ebullicion i se agreguen nuevas dósis de ácido nítrico. En tal caso el azufre queda con un color negruzco, nunca se reune en esterillas bien fundidas, amarillas i presenta en su masa partes de mineral sulfurado no atacado. Es indispensable sacar este azufre, molerlo en un morterito i agregarlo al licor en ebullicion, o bien principiar de nuevo el ensaye.

Con dificultad se espele bien todo el exceso de ácido nítrico que se ha agregado en la primera operacion, sino se evapora el licor hasta la sequedad. Para evitar este inconveniente, se ha propuesto atacar las materias sulfurosas de esta clase por medio de clorato de potasa i ácido clorhídrico sin añadir ácido nítrico. En efecto, la accion es fácil, pronta, pero demasiado viva i en ella es difícil evitar que las primeras cantidades de azufre que se separan embutan en su masa algo de polvo de mineral no atacado i lo sustraigan a la accion del ácido.

Por lo demas, todas las precauciones arriba indicadas que se refieren a los minerales oxijenados se han de tomar tambien en los ensayes por precipitacion de los minerales sulfurados.

§ IV.—MATERIAS DE LA TERCERA CLASE.

Las materias de esta clase que con frecuencia se traen a la oficina de un ensayador en América, son minerales de cobre en cuya composicion entran *los cobres grises* mezclados con galena. que es la compañera mas constante de estos últimos i los ejes que

provienen de las fundiciones de estos minerales. Sucede tambien ensayar mezclas de arseniuro de cobre i de varias especies sulfurosas de este metal. Casi siempre son estas materias platosas.

Modo de conocer estas materias. El mejor modo de conocer estas materias, que los mineros suelen entregar al ensayador molidas, es de ensayarla al soplete en un tubo abierto (p. 84). En tal caso las que contienen arsénico o antimonio dan un sublimado blanco. Cuando el mineral tiene mucho arsénico, mispiquel, algunos cobres grises arsenicales, da un sublimado metálico en un *matracito*, o bien, súlfuro de arsénico i arsénico: tambien se conoce este ultimo por el olor de ajo que despide cuando se ensaya sobre carbon, con adicion de carbonato de sosa.

Se puede ensayar estas materias por la via seca o por la via húmeda; pero ninguno de los métodos conocidos es bastante exacto: todos presentan dificultades mas sérias que los métodos hasta ahora descritos i dan resultados aproximativos. En efecto, las materias de esta clase son las mas difíciles para ensayar por cobre i exijen del ensayador conocimientos mas profundos i mucho cuidado.

Ensayos por la via seca.—Se hacen del mismo modo que los de las materias de segunda clase: es decir, se calcina el mineral con el contacto del aire i se funde con 2 o 3 partes de flujo negro. Pero la calcinacion exije ciertas precauciones particulares i la fundicion no da por concluido el ensaye; pues el cobre que se obtiene retiene los metales que habia en el mineral con cierta dósis de arsénico, i en todo caso es indispensable la refinacion del cobre, la cual nunca se logra operar completamente sin pérdidas notables de metal.

Calcinacion. La calcinacion exije mucho cuidado porque las materias de esta clase son mui fusibles: las mas se funden al apuntar el calor rojo i si el mineral no contiene mucho criadero, es indispensable agregar desde luego un poco de arena o de carbon molido para evitar la aglomeracion de las partículas. No se debe elevar la temperatura mas que lo necesario para que se exhalen los ácidos sulfuroso i arsenioso. Tampoco se puede aumentar el fuego al fin de la calcinacion como para las materias de segunda clase, porque si el mineral contiene plomo, los resíduos de calcinacion son fusibles i las sales formadas no se descomponen por el golpe de fuego como el sulfato de cobre.

Para ciertos casos, Berthier aconseja someter las materias que se ensayan a una *fundicion cruda,* ántes de calcinarlas con el contacto del aire. De este modo los súlfuros se reducen al menor grado de sulfuracion, se volatiliza una gran cantidad de arsénico, i, sometido en seguida el residuo a una calcinacion con el contacto del aire, esta operacion se efectúa mas pronto i con mayor facilidad. Sin embargo, en ningun caso la calcinacion, por mas que se prolongue i se tomen las precauciones prescritas, puede privar las materias calcinadas de arsénico i antimonio, como ya se ha dicho al principio de este libro tratando de las calcinaciones (p. 6).

En efecto, sometiendo cualquier arseniuro de cobre a la calcinacion con el contacto del aire, se desarrolla ácido arsenioso, i se forman óxido de cobre i arseniato de cobre. Aumentando la temperatura, puede el arseniato obrar a su vez sobre el arseniuro que todavía queda sin calcinarse i se volatilizará cierta cantidad de ácido arsenioso. Pero cuando todo el arseniuro quedará transformado al estado de arseniato, siendo inalterable este último por el fuego, habrá que agregar carbon en polvo i continuar calentando. Con lo cual se desarrollará todavía ácido arsenioso i se librará el mineral de la mayor parte de arsénico, pero el resíduo retiene siempre algo de esta sustancia, la cual no podremos quitar por medio del fuego ni mediante el carbon.

La fundicion del residuo de calcinacion no presenta dificultad alguna. Segun Berthier, conviene emplear para esto crisoles de brasca, i en lugar de flujo negro, carbonato de sosa en cantidad igual al peso del resíduo; de este modo se recoje con mayor facilidad la aleacion i no adhiere al crisol. Pero en todo caso el flujo negro o el carbon reducirán todos los metales contenidos en el resíduo: formados los arseniuros i antimoniuros, no tendrá accion sobre ellos el carbonato alcalino i jamas se obtendrá cobre metálico puro.

Para purificar este cobre se ha de someterlo a una operacion que se llama *refinacion*, i la que se describirá cuando se trate de los métodos para ensayar las aleaciones, o materia de cuarta clase.

Método adoptado en los injenios de Inglaterra, para ensayar los minerales de cobre piritosos arsenicales.—Los minerales son de pirita mezclada con un poco de pirita arsenical i de criadero cuarzoso. Todas las operaciones se efectúan en unos crisoles de arcilla refractaria, i el hornillo parecido a los que se construyen para ensayes de hierro; el combustible que se emplea es cok de buena calidad; el aire entra por un canal algo estrecho. Las operaciones suceden unas a otras como a continuacion se espresa.

1.° *Primera Tuesta.*—Se opera sobre 25 gr. 9 de mineral seco, i al poner el crisol sobre el apoyo, se cubre el cok encendido con cok frio. Se colocan a un tiempo diez crisoles i en cada uno se pone un grueso alambre de hierro cuya estremidad superior queda apoyada sobre el borde de la chimenea. La oxidacion se prolonga por 8 a 10 minutos, a veces dura media hora i en todo este tiempo se revuelve el mineral con el alambre de hierro, evitando cuanto sea posible de elevar la temperatura. Se sacan los crisoles sin dar golpe de fuego; de manera que el mineral calcinado contiene súlfuros no oxidados, óxidos, algo de arseniato i mucho sulfato, quedando el cuarzo como materia inerte.

2.° *Fundicion por eje.*—Se introduce en cada crisol ya enfriado con cuchara unos 18 centímetros cúbicos de bórax mezclado con igual volúmen, de espato fluor i otros 18 cent. cúb. de cal apagada, todo medido al volúmen; se revuelven estas materias con el mineral tostado i se echa por encima sal comun en polvo.

En este momento el horno debe estar bien encendido; se cubre el cok encendido con una capa de cok negro en el cual se hunde el crisol

hasta la mitad de su altura, apoyándolo contra la pared interior; no se debe calentar a un tiempo mas que cuatro crisoles i se tiene cuidado de colocarlos de manera que no se ladeen o cáigan.

Basta entónces tapar la boca del horno con dos ladrillos unidos con un arco de hierro, para que luego se efectúe un tiráje bastante activo para fundir en ménos de un cuarto de hora las materias contenidas en los crisoles.

El ensayador retira un poco la tapa i si ve que en las masas bien fundidas ya no aparecen *llamas azules*, añade algunos gramos de la misma mezcla de fundiente arriba indicado, vuelve a tapar el horno por cinco minutos, en seguida retira los crisoles i vacia las masas fundidas en unos moldes de hierro.

Para separar las escorias de los ejes, se sumerjen por un momento las materias solidificadas en agua fria; luego se les da un golpe de martillo, recojiendo con cuidado las escorias que por lo comun contienen algo de granalla de eje. Estas granallas se unen con la totalidad de eje, i si son muchas o si no se separan fácilmente de la escoria, se considera la operacion como mal hecha i se repite el ensaye.

Cuando el ensayador, ántes de sacar el crisol, ve que en su interior aparece *llama azuleja*, supone que las escorias contienen cobre i para librarlas de este metal, echa por encima 8 a 10 gramos de azufre mezclado con 8 a 10 gramos de cremor tártaro.

En estas operaciones, la accion de los gases combustibles es débil, influye solamente en la reduccion del peróxido de hierro al estado de protóxido; el bórax i el espato fluor hacen papel de fundientes; la cal descompone en gran parte los arseniatos i casi totalmente los sulfatos, separando los óxidos; el súlfuro i el arseniuro de hierro reducen el óxido de cobre, transformándolos en súlfuro i arseniuro de cobre; al propio tiempo una parte de óxido de cobre obrando sobre el súlfuro del mismo metal no descompuesto produce cobre metálico. El cuarzo en totalidad pasa al estado de silicatos.

Resulta, pues, que si en la mezcla de las materias del ensaye el súlfuro de hierro se halla en proporcion suficiente, todo el cobre pasa al eje con una parte de arsénico. Si al contrario no hai bastante súlfuro, las escorias contienen óxido de cobre i habiendo en ellos cloruro de sodio, se forma cloruro de cobre que comunica a la mencionada *llama azul* su color característico.

Se entiende que la falta de súlfuro de hierro puede provenir de que la calcinacion se habia prolongado demasiado; pero tambien se nota que en tal caso los ejes contienen ménos arsénico.

Un buen ensaye debe producir segun lo que enseña la práctica de los ensayadores ingleses 40 a 50 por ciento de cobre.

3.° *Calcinacion del eje.*—Se calcina el eje, despues de haberlo mezclado con un poco de cok reducido a polvo en un mortero de bronce, con fuego algo mas subido que se usa para tostar el mineral crudo i se efectúa esta operacion en un crisol; dura mas o ménos una media hora, se procura oxidar todos los metales, el azufre i el arsénico completamente i se puede poner en el horno hasta diez crisoles simultáneamente.

El eje bien calcinado no contiene sino proporcion mui débil de azufre i de arsénico; no se pierde en esta operacion cobre por volatilizacion, si se ha tomado la precaucion de separar bien la escoria, la cual con la sal comun que contiene podria dar lugar a formacion de cloruro de cobre i teñir de azul la llama.

4.° *Fundicion por cobre negro.*—Se añade al eje molido una mezcla de sales

medidas al volumen en una cuchara, i en proporcion que se pueda avaluar en peso del modo siguiente:

Salitre (¼ de cuchara)	4 a 5	gramos
Bórax (½ de cuchara)	10 a 12	"
Carbon (⅛ de id)	1 a 2	"
Sal seca (una cuchara)	25 a 30	"
Cremor (dos cucharas)	40	"

Se cubre el todo con una capa gruesa de sal.

Colócase el crisol en medio del cok encandescente; se tapa la boca del horno i luego se activa el tiraje con tanta fuerza que la fusion de las materias se opera lijero, casi siempre con efervescencia. De tiempo en tiempo levanta el ensayador la tapa i si la ebullicion es demasiado viva, añade una pequeña cantidad de sal. En diez minutos mas o ménos de fuego, ya está fundida la mezela i si la escoria carece de fluidez se introduce en el crisol un poco de *flujo blanco*. Se vácia el ensaye bien fundido en un molde i, debiendo servir el mismo crisol para las operaciones siguientes, se le vuelve a poner inmediatamente al fuego paja calentarlo.

Importa mucho separar las escorias del cobre, sumerjiéndolas por algunos minutos en el agua fria i golpeándolas con un martillo. Estas escorias contienen cobre: se guardan para una de las operaciones que mas adelante será descrita.

La práctica ha hecho ver que el uso del salitre es en realidad útil en estos ensayes; a pesar que en gran parte esta sal se halla descompuesta por el carbon i el cremor. Rivot supone que su presencia sirve para oxidar algo de súlfuros i arseniuros que hubieran resistido a la accion del aire en la calcinacion del eje, o que provienen de la accion del carbon sobre los sulfatos i arseniatos durante la fusion; cree tambien que con el salitre se evita la reduccion del óxido de hierro i formacion del hierro metálico.

El bórax i el cloruro de sodio sirven para dar una fluidez suficiente a las escorias; pero la accion del cloruro debe algo influir en la volatilizacion del cobre, i tanto mas, cuanto mas arsénico habia en el eje.

Purificacion del cobre negro.—Se efectúa en dos operaciones: *en la primera*, se emplea un flujo algo oxidante, flujo blanco que se arroja sobre el cobre negro, cuando el metal ya adquiere el color rojo claro. La cantidad de flujo es de 25 gramos mas o ménos, mezclado con 60 gr. de cloruro de sodio seco. Luego se cierra la boca del horno por cinco o seis minutos. El cobre entra en fusion; se saca el crisol, se vierte el metal fundido en un molde i se procura separar la escoria, sumerjiéndola en el agua fria i golpeandola con un martillo. Al instante se ensaya si el metal tiene maleabilidad suficiente, estirándolo sobre un yunque con el martillo; i si el metal aparece demasiado impuro, se vuelve a fundir en el mismo crisol con los mismos flujos. *En la segunda operacion*, se introduce el cobre en el crisol, fuertemente calentado, hasta que adquiera color rojo vivo, i se lo someta a una oxidacion lenta con el contacto del aire, la cual dure apenas algunos minutos, hasta que el boton de cobre purificado principie a empañarse en el centro, permaneciendo todavía los bordes lustrosos. Entónces se introduce en el crisol mezcla compuesta de unos 15 gr. de flujo blanco con 30 de cloruro de sodio i

al cabo de cinco a seis minutos se vácia el todo. Si al golpe de martillo sobre el boton de cobre colocado sobre un yunque, se ve el metal bastante maleable i con color i lustre de cobre puro, la operacion se da por terminada, si no, se vuelve a repetir la segunda operacion.

Se ve que en la primera operacion, el azufre i el arsénico, por falta del contacto de aire, se oxidan con el flujo blanco, i el cloruro de sodio obra principalmente sobre los arseniatos que no se descomponen con la misma facilidad por el carbonato de potasa que los sulfatos. La volatilizacion del cobre es tanto mayor cuanto mas arsénico habia en el cobre negro. En la segunda operacion se oxida el metal por el aire; formado el subóxido se disuelve en el metal fundido i con su oxíjeno efectúa la oxidacion del azufre del hierro i del arsénico. Estas materias oxidadas suben a la superficie i se reunen en el centro del boton, formando una película sin lustre, pardúzca.

6.° *Fundicion de las escorias.*—Reúnense todas las escorias que provienen de la fundicion por cobre negro con las de su refinacion; se mezclan con unos 25 gramos de crémor, se introducen en el crisol ya enfriado que ha servido al ensayador en las últimas operaciones, i se hunde el crisol en la masa del cok bien encendido. En un cuarto de hora, toda la materia se halla bien líquida, i se vácia en un molde; la escoria contiene por lo comun mui poco cobre, i se obtiene un grano lustroso de este metal. Si se ve que este grano es quebradizo impuro, se procede a su purificacion del mismo modo que se ha hecho para purificar el boton principal de cobre. (1)

Observacion.—Resulta de las esplicaciones dadas por Rivot, en su tratado de *Docimasia*, que el ensaye de un mineral puro, o del mineral que apénas contiene indicios de pirita arsenical, puede producir un peso de cobre que se aproxima mucho a la verdadera lei del mineral; pero si la proporcion de arsénico contenido en el mineral es notable, ha de haber pérdida inevitable de cobre tanto en la fundicion por cobre negro, como en la purificacion i en la fundicion de las escorias. Esta pérdida es independiente de la lei del mineral, i por consiguiente la diferencia entre el cobre obtenido, i el que se halla realmente en el mineral, es una *fraccion de la lei verdadera* tanto mayor cuanto mas pobre sea el mineral. Los ensayes de los minerales piritosos de cobre que contienen blenda, presentan todavía mayores dificultades i las pérdidas de cobre son por lo comun mayores que las que se esperimentan en los ensayes de los minerales piritosos arsenicales.

Ensayes por la via húmeda.—Mas seguros resultados dará un buen ensaye de las mismas materias por la via húmeda, pero el método que se ha descrito para las materias de la 1.ª i 2.ª clase ha de sufrir modificaciones notables, segun la naturaleza de los elementos que entran en la composicion de las materias de la 3.ª clase.

Desde luego observaré que las sustancias que obligan a variar el método i causan toda dificultad en estos ensayes son por lo comun: el *plomo*, el *antimonio* i el *arsénico*: porque estas materias

(1) Rivot, *Docimasie*, tomo IV, páj. 228—212.

precipitan de sus disoluciones por el hierro al propio tiempo que el cobre. Trataremos de cada uno de estos elementos por separado, como si se hallase solo en el mineral sin los otros dos.

Materias plomizas. Cuando el mineral contiene plomo sin que haya arsénico ni antimonio, como son las mezclas de 2.ª clase con galena i sus ejes, se ataca el mineral por el ácido nítrico concentrado i se evapora la disolucion hasta sequedad. En seguida se humedece el resíduo con ácido sulfúrico i se lo hace calentar en una tacita de porcelana hasta que cesen de desarrollarse vapores blancos, ácidos. En fin, se agrega agua, se filtra i se procede en lo demas como se ha dicho para la precipitacion del cobre por el hierro en los ensayes de las materias de 1.ª i 2.ª clase.

Este método está fundado en la propiedad que tiene el sulfato de plomo de ser insoluble en el agua, si se libra la disolucion, cuanto sea posible, de todo exceso de ácido.

Materias antimoniales. Si el mineral contiene antimonio sin proporcion notable de arsénico, como por ejemplo son los minerales de Machetillo, algunos de Cerro Blanco (en Copiapó) etc., en cuya composicion entra el cobre gris antimonial, se procede del modo siguiente. Atácase el mineral por el acido nítrico puro i se prolonga la ebullicion en el matraz, para disminuir la cantidad de ácido cuanto sea posible, sin descomponer nitrato de cobre. Concluida esta operacion, es necesario agregar cantidad considerable de agua fria, por ejemplo un medio cuartillo a cada ensaye i no se debe filtrar sino unas doce horas despues, cuando la disolucion esté clara i el resíduo bien reunido en el fondo. Esta disolucion se evapora hasta sequedad i se vierte sobre el resíduo ácido muriático para transformar el nitrato en clorhidrato de cobre. Se hace calentar hasta que cesen de desarrollarse vapores nitrosos i se procede en seguida a la precipitacion del cobre por el hierro, como si el mineral no tuviera antimonio.

Este procedimiento se debe a la mui poca insolubilidad del ácido antimónico i antimoniuro en el agua acidulada. El cobre que se obtiene suele tomar en el lavado color bastante rojo i si se procede con debida prolijidad no contiene sino indicio de antimonio.

Materias arsenicales. El caso mas complicado es cuando la sustancia que tenemos que ensayar contiene arsénico i azufre, con antimonio i plomo o sin ellos.

Se procede del modo siguiente:

Se principia por atacar el mineral por el ácido nítrico concentrado i en ebullicion i se le agrega 2 a 3 gr. de hierro disuelto tambien en el ácido nítrico concentrado i en ebullicion. Evapórase el todo en una taza de porcelana, en un baño-maria, hasta que el líquido se ponga espeso i hasta que, añadiendo agua, quede un abundante resíduo ferrujinoso que no se disuelve.

Antes de filtrar es indispensable esperar que se aclare el licor, i esto se consigue mas pronto haciéndolo hervir con el mismo resíduo en un matraz de capacidad de un litro, lleno de licor hasta la mitad. Si al prolongar la ebullicion por unos 10 minutos el li-

cor no se aclara, se agregará unas pocas gotas de carbonato de sosa o de amoniaco; con lo cual se asentará mas pronto la parte insoluble i tendremos una disolucion clara que no presentará dificultad alguna en su filtracion.

Filtrado el licor i lavado el filtro hasta que el agua de lavado cese de tomar el color azulejo por el amoniaco, se evapora por la segunda vez toda la disolucion hasta sequedad, se transforman los nitratos en hidrocloratos por medio del ácido clorhídrico i se procede a la precipitacion del cobre por el hierro como en los casos anteriores.

Este método se funda en que el arseniato de peróxido de hierro es insoluble en el agua i en las disoluciones neutras. El exceso de hierro que se añade sirve para formar este arseniato, i tambien, siendo el nitrato de peróxido de hierro el que se descompone mas pronto por el calor que el nitrato de cobre, se evita de cierto modo la descomposicion de este último por el gran exceso de aquel peróxido que se halla en el licor i cuya sal es la primera que se descompone, si se ha llevado el calor a mas de lo necesario para espeler el exceso de ácido. En todo caso, se conoce que no ha quedado óxido de cobre en el resíduo insoluble, si al agregar unas gotas de carbonato alcalino al licor filtrado, se forma un precipitado rojo de hierro i no precipitado pálido verdoso.

La única operacion delicada i la que exije mucho cuidado de parte del ensayador, es la primera evaporacion que tiene por objeto espeler el exceso de ácido nítrico, sin descomponer algo de nitrato de cobre.

Para asegurarse de que no se ha perdido nada de cobre en los resíduos, es menester examinar estos últimos despues de haberlos lavado. Para esto se ensaya el resíduo al soplete con el vidrio de bórax, o se hace dijerir este resíduo en el amoniaco para ver si el licor toma color azulejo o no.

§ V.—MATERIAS DE LA CUARTA CLASE.

Las materias de esta clase son unas aleaciones que no se pueden moler en un almirez i hacer mezclas como se hace con las materias de que se ha tratado hasta ahora.

Los casos mas frecuentes que se refieren a este artículo son los siguientes:

1.° Ensaye del cobre que proviene de los ensayes anteriores, cuando se hacen por la via seca: *refinacion* propiamente dicha. En tal caso se somete al ensaye todo el cobre que obtenemos en la fundicion con flujo negro.

2.° Ensaye del *cobre negro* o del cobre no refinado del comercio. En tal caso se acostumbra tomar para ensaye un poco de metal del *baño* mismo, al momento de sangrar el horno. Pero si se trata de determinar la lei del *comun* de una gran cantidad de cobre en barra que puede provenir de diversas fundiciones i del beneficio de dichos minerales, es indispensable tomar *bocados* (pedacitos de 2 a 3 gramos) de cada barra o de cada 2 a 3 barras i

fundir estos bocados del modo mas lijero posible en un gran crisol tapado. Enfríase en seguida el crisol, se quiebra, se hace doble ensaye del pedazo de cobre que se obtiene en esta fundicion, es decir, uno de la parte inferior i otro de la parte superior del mismo pedazo, i se toma el término medio. En fin, se puede tambien tomar en cuenta la pequeña cantidad del metal que se oxida i se escorifica en la superficie del cobre fundido despegando esa cantidad con precaucion i ensayándola aparte. Se hace mas fácil la separacion de esta parte superficial oxidada echando sobre el metal fundido ántes que se enfrie un poco de agua. Pero en jeneral, esta parte es mui pequeña (1) sobre una libra i media o dos libras de cobre que por lo comun se funde para estos ensayes.

Se acostumbra tambien en el comercio actualmente en Chile, cuando se quiere ensayar el *comun* de un gran número de barras o lingotes de cobre, *limar* el metal (quitando la parte superficial) i tomar de cada dos o tres barras cierta cantidad de limadura; hacer mezcla, la mas íntima posible de esas limaduras i ensayarlas.

3.° A mas de estos dos casos, se presenta tambien mui amenudo en el comercio i la industria la necesidad de ensayar varias aleaciones de cobre zinc, estaño, plomo, etc., como son los bronces, latones, etc.

Se determina la lei de las materias en todos estos casos por *la via seca* o por *la via húmeda*.

Cuando se hace el ensaye por la via seca, la operacion lleva el nombre de *refinacion* i se procede en tal caso de dos modos:

1.° Operando *en los hornos de copelacion*.

2 ° En los *crisoles*.

Via seca. *Operacion en los hornos de copelacion.*—La refinacion es análoga a la copelacion, o mas bien, es una verdadera copelacion de cobre hecha con el intento de separar todos los metales que están aleados con el cobre, i son mas oxidables que él. No se obtiene el cobre puro en esta operacion, ni tampoco se determina la lei sino aproximativamente. Sin embargo, es de mucha utilidad, porque siendo análoga a la refinacion que se practica en grande, se puede determinar de este modo la cantidad de cobre puro, que se pueda estraer de una aleacion por los procedimientos metalúrjicos.

Horno. La refinacion del cobre se hace en un horno de copelacion; pero, como exije una temperatua elevada, es necesario hacer uso de un horno bastante grande, i que produzca una corriente de aire mui activa. (páj. 22) Algunos ensayadores aconsejan de activar el fuego con el viento de un fuelle dirijido bajo la reja, pero esta disposicion, que es incómoda, no es necesaria. Siendo bien construido el horno, basta adaptar un tubo de 3 a 6 piés de altura para producir el grado conveniente de temperatura, sobre todo, *Vasos.* valiéndose de cok para combustible. Los vasos en los que se co-

---

(1) A lo ménos en los ensayes del cobre en barra que se esporta de Chile.

loca el cobre, son unas tazas mui chatas, o bien copelas; comunmente se emplean éstas últimas.

Es preciso calentar el horno gradualmente; i cuando ya está al *máximo* del calor i las copelas bien calientes, se introduce en ellas el cobre, i se tapa la abertura de la mufla por algunos minutos con gruesos carbones encendidos. Fundido el cobre, se retira una parte de estos carbones, i se pone en las copelas cierta cantidad de plomo, si esto se cree necesario. Entónces principia la refinacion. El plomo, los metales aleados i una parte de cobre se oxidan, i forman una combinacion fusible, que pasa a la circunferencia del boton metálico, i que la copela absorve en parte. El boton se pone como ajitado con un vivo movimiento de rotacion, i está continuamente cubierto de una película brillante i de varios colores. En el momento de terminarse la refinacion, el movimiento se hace mas vivo i la película mas brillante: de repente cesa el movimiento la película desaparece, el boton se pone oscuro, i se solidifica: estos fenómenos constituyen lo que se llama *relámpago*. *Operacion.* *Relámpago.*

Luego que el relámpago ha aparecido, la operacion está concluida, i se pueden sacar de la mufla las copelas. El boton refinado es siempre cubierto de una lijera costra de protóxido de cobre, la que no se podria despegar sin dificultad, si el metal se dejase enfriar lentamente; pero sumerjiendo la copela en agua al momento de sacarla del horno, se consigue quitar enteramente este óxido con la ayuda del martillo. Sin embargo, se prefiere jeneralmente salpicar el boton con bórax vitrificado (en la proporcion como de 7 por ciento) inmediatamente despues del relámpago, para quitar todo el óxido: entónces basta sumerjir la copela todavía caliente en el agua para que la costra del borato de cobre que se ha formado, se despegue con el primer golpe del martillo. No se considera el cobre como bien refinado, sino cuando es perfectamente maleable i de un rojo puro. *Bórax.*

No basta, para determinar la proporcion de cobre, pesar el boton obtenido, puesto que una parte del metal ha quedado en estado de óxido, sea con los otros óxidos metálicos, sea con el bórax. Se admite por aproximacion que esta parte de cobre oxidado forma la undécima parte de la aleacion que se ha escorificado, es decir, de la pérdida que esperimenta la aleacion que se habia sometido a la refinacion i del plomo que se habia añadido: a mas de esto, se admite que la cantidad del cobre absorbido por el bórax al estado de óxido, es igual a la sétima parte del bórax con que se ha salpicado el boton refinado; pero estos datos no son rigorosos, porque la cantidad de cobre que se pasa a las escorias, varia segun la naturaleza de los metales escorificados, segun la temperatura del horno, i segun otras circunstancias que todavia no se conocen bien. *Cálculo.*

Las aleaciones de cobre que se someten a la refinacion, pueden contener o no contener plomo. Cuando no lo contienen, se añade un décimo de su peso de plomo, i se repite esta adicion hasta que el boton esté perfectamente puro. Para calcular la cantidad de cobre, se añade al peso del boton obtenido, la undé- *El plomo que se añade.*

cima parte del peso de todos los metales oxidados, comprendiendo en este peso el plomo, i la sétima parte del peso del bórax empleado.

Cobre plomizo. Cuando el cobre aleado contiene plomo, puede suceder o que contenga lo necesario para que la refinacion pueda hacerse sin añadir nada, o que no contenga bastante, o por último, que contenga demasiado. En el primer caso, no hai nada que añadir: en el segundo, se añade plomo por décimas partes, hasta que el cobre quede puro: en el tercer caso, en vez de añadir plomo, se introduce en la aleacion fundida un peso determinado de cobre rojo (puro), i se ejecuta la refinacion del modo ordinario, haciendo las correcciones i deduciendo de la cantidad del cobre obtenido la cantidad de lo que se ha añadido.

Refinacion comparativa. Se puede determinar la cantidad de cobre contenida en una aleacion, sin hacer ninguna suposicion sobre la cantidad de cobre que se ha escorificado por el plomo, ejecutando la refinacion del modo siguiente: se ponen en dos copelas colocadas una al lado de la otra, en una mufla bien caliente, cuatro partes de plomo puro: en seguida, luego que el baño esté descubierto, se pone en una de las copelas una parte de cobre rojo i en la otra una parte de la aleacion que se quiere ensayar. Se ejecutan las dos refinaciones por el proceder ordinario i se pesan los botones obtenidos: el que proviene del cobre puro, pesa mas que el otro; se supone que la diferencia de los pesos representa la cantidad de los metales estraños que contenia el cobre aleado, i por consiguiente, que la cantidad absoluta de cobre oxidado es la misma en cada copela: en seguida, es preciso añadir al peso del boton estraido del cobre aleado, la pérdida que ha esperimentado el cobre rojo, para conocer la proporcion de cobre contenida en la aleacion. Esta suposicion no es exacta; i es probable que se aproximaria mas a la verdad añadiendo al peso calculado, como se acaba de decir, la 11.ª parte del peso de los metales aleados; pero, cuando la aleacion es de mucha lei, esta correccion es de poca importancia.

Plomo aleado con poco cobre. Por lo que respecta al plomo que contiene un poco de cobre, se copela al mismo tiempo una parte de cobre rojo en cuatro partes de plomo i otra parte de cobre puro con cuatro partes de este plomo que contiene una pequeña proporcion de cobre cuya lei queremos determinar. El segundo ensaye produce mas cobre que el primero, i la diferencia de peso de los dos botones obtenidos equivale poco mas o ménos a la cantidad de cobre contenido en el plomo.

Laton i bronce. Las aleaciones de cobre que contienen mucho zinc o estaño, no se pueden ensayar por la refinacion, porque estos metales forman escorias infusibles, que encierran el boton i se oponen a la accion del aire: es necesario ensayar esta clase de aleaciones por la via húmeda.

Refinacion en los crisoles. *Operacion en los crisoles.*—Algunos ensayadores en lugar de emplear para la refinacion del cobre hornos de copela, efectúan la misma operacion en crisoles, i emplean para esto un flujo

oxidante, cuya composicion hacen variar segun la naturaleza de la materia (Se usa, por ejemplo, un flujo que consta de 3 partes de salitre, 2 partes de cremor tártaro bruto i una parte de sal comun). Empiezan por fundir el cobre en un crisol lo mas pronto posible; i luego que está fundido, lo salpican con el citado flujo, lo vuelven a fundir, i lo vácian en un molde. Examinado bien el cobre, si no tiene todavia el color i la maleabilidad del cobre puro, lo vuelven a someter a la misma operacion anterior; i la repiten hasta que se obtenga un boton, que por su aspecto i sus propiedades físicas manifieste la apariencia del metal perfectamente puro. Se entiende que, como en todas aquellas fundiciones, con los metales estraños que se oxidan se oxida tambien una parte del cobre, i este cobre se halla absorbido por la escoria, los ensayadores tienen cuidado de recojer todas las escorias que provienen de la refinacion de cada ensaye, i las vuelven a fundir con flujo negro en el mismo crisol, a fin de recojer el cobre que se ha perdido, i de añadir este cobre al boton perfectamente refinado. Pero es claro que, si en la primera fundicion con flujo negro (como sucede en los ensayes por la via seca) ha habido metales estraños que reducidos por este flujo, se han unido con el cobre, lo mismo ha de suceder en la fundicion con flujo negro de las escorias de la refinacion: solo en este caso el aumento del peso (por estos metales) se compensa con las pérdidas del cobre que se verifican en las fundiciones repetidas, principalmente, por lo que se pega a las paredes del crisol; i el resultado no puede ser mas que el resultado de diversos errores e inexactitudes, que pueden dar mucha latitud a la parcialidad i al capricho de los ensayadores.

Se ha descrito con mayores detalles este método, como una parte del procedimiento adoptado en los injenios ingleses para ensayar los minerales de pirita arsenical (páj. 152).

Agregaremos a esto que todo método de refinacion por la via seca, a mas de ser aproximativo, largo i complicado, tiene el inconveniente de pender enteramente de la rutina, de una práctica larga i laboriosa, que a la simple vista (tan incierta i engañadora) hace opinar si el cobre es puro, o tiene un medio, uno o dos por ciento de metales *estraños*.

Via húmeda.—Se ensayan las aleaciones por la via húmeda del mismo modo que los minerales, ejes o cualesquiera productos artificiales que pertenecen a la primera o la tercera clase.

Así, cuando las aleaciones de cobre no contienen otro metal mas que hierro, se aplica a ellas el método que hemos descrito para las materias de primera clase (páj. 139). Este método es tambien el único aplicable a las aleaciones de cobre con niquel.

Si la aleacion es plomisa, se ensaya como los minerales o ejes de la tercera clase que contienen plomo, sin antimonio ni arsénico (páj. 154).

Si las aleaciones contienen antimonio o arsénico, se ensayan como las materias de la tercera clase antimoniales o arsenicales (páj. 154).

En fin, para completar lo que se refiere a este artículo no será

sin provecho añadir algo sobre el ensaye de algunas aleaciones en cuya composicion entran el estaño i el zinc, como son diversos bronces i latones que se usan para la fabricacion de cañones de campanas, etc.

Aleaciones de cobre i estaño. Cuando la aleacion o cualquier otro producto mineral o artificial contiene estaño, es preciso disolverlos en agua réjia, añadir agua i un exceso de amoniaco; en seguida se filtra i se lava el precipitado con agua a la que se añade un poco de amoniaco hasta que el agua del lavado cese de tomar color azul. Estando entónces disuelto en el amoniaco el cobre, se hace hervir la disolucion para espeler el amoniaco, se sobresatura el licor con el ácido muriático o sulfúrico, i se precipita el cobre por el hierro del mismo modo que en los ensayes ordinarios. La única dificultad que ocurre en este caso es que en la filtracion del licor amoniacal pasan las aguas turbias que arrastran consigo unas partículas blancas de óxido estáñico que atraviesan el filtro. Se ha notado que este inconveniente no existe cuando la aleacion contiene a un tiempo estaño i algo de plomo: por esta razon, si se sabe, o se advierte en el curso de la operacion, que la aleacion no contiene plomo, es indispensable, segun Pelouze, añadir a la primera disolucion, ántes de agregar el amoniaco, uno o dos decigramos de plomo disueltos en el ácido nítrico.

Tenemos sin embargo que advertir que el cobre que por este método se obtiene no es puro, sino cuando la sustancia sometida al ensaye no tiene arsénico.

Cobre con plata. Si la aleacion o cualquier otro producto mineral o artificial contiene plata, queda este metal en el resíduo, siempre que se ataca la sustancia sometida al ensaye por el agua réjia, o bien cuando se añaden algunas gotas de ácido clorhídrico a una disolucion nítrica. Es necesario, en tal caso, filtrar el licor ántes de emplear el amoniaco.

Cobre con mercurio. Si la aleacion o cualquiera materia que se ensaye contiene mercurio, ningun método por la via húmeda es aplicable.

§ VI.—ENSAYES POR MEDIO DE LA DISOLUCION DE SÚLFURO DE SODIO.

Este método se puede emplear para ensayar los mas productos cobrisos, ya sea minerales ya artificiales, pertenecientes a las cuatro clases de materias. Ha sido inventado por Pelouze en 1848, i se halla actualmente adoptado en el laboratorio de la Moneda de Paris i en varias oficinas de ensayadores en Francia.

Hé aquí en qué consiste este método:

"Se pesa un gramo de la sustancia propuesta, se la disuelve en un ácido, o en el agua réjia si es un mineral; se calienta para desalojar la mayor parte del ácido, i despues de enfriada por algunos instantes la disolucion, se vierte en ella un grande exceso de amoniaco mediante el cual se disuelve el óxido de cobre i se obtiene un líquido azul, notable por su gran poder colorante. Se vierte en éste, poco a poco, una disolucion *normal* (es decir, de

grado de saturacion conocido) de súlfuro de sodio, contenido en una bureta graduada, con lo cual se precipita el cobre en estado de un oxisúlfuro de cobre de la fórmula Cu O 5 Cu S. Operando con precaucion, puede apreciarse exactamente el momento en que todo el cobre se ha precipitado, lo que se verifica cuando el líquido pierde su color. Es fácil calcular la cantidad de cobre que se ha precipitado, por el volúmen de la disolucion *normal* de súlfuro de sodio que ha sido preciso emplear, suponiendo, sin embargo, que no existen en el líquido otras sustancias que pueden precipitarse por el súlfuro alcalino.

"Para preparar la disolucion *normal* de súlfuro de sodio (es decir, para tener determinado cuánto súlfuro hai en cada division de la bureta graduada), se disuelve un gramo de cobre puro en cinco o seis gramos de ácido nítrico; se agrega al líquido 50 gramos de una disolucion concentrada de amoniaco, i se calienta el todo suavemente para disolver la totalidad del precipitado. Se vierte en seguida en este líquido, la disolucion de súlfuro de sodio, cuyo volúmen inicial es dado por las divisiones de la bureta. Cuando el color que presenta el líquido queda mui claro, se ajita repetidas veces el matraz, se deja en reposo por algunos instantes i se continúa despues, echando el súlfuro de sodio gota por gota, a fin de poder observar con precision el momento en que desaparece el color del liquido. Anótase entónces el volúmen de la disolucion vertida, que será dado por la division correspondiente de la bureta. Supongamos que este volúmen sea de 137.5 divisiones; diremos, pues, que 137.5 de la disolucion de súlfuro de sodio corresponden a 1 gr. 000 de cobre metálico. Por consiguiente, si para obtener la descoloracion de un líquido cobrizo amoniacal (que contiene el gramo de la materia que ensayamos) ha sido preciso echar 97.5 divisiones de la misma disolucion de súlfuro de sodio, se deducirá que esta disolucion amoniacal contiene:

$$\frac{97.5}{137.5}\ 1 \text{ gr. } 000 \text{ de cobre metálico."}$$

De este modo en términos jenerales describe Regnault lo mas esencial del método inventado por Pelouze, en su *Curso jeneral de química* (t. III, p. 287). Entremos ahora en los pormenores de la operacion cuyo conocimiento es indispensable al ensayador.

Emplea Pelouze para la preparacion de la disolucion *normal* súlfuro de sodio conocido en el comercio de los productos químicos, bajo el nombre de hidrosulfato de sosa cristalizado, material bastante barato; o bien, por falta de este material, el ensayador puede prepararlo saturando con una corriente de hidrójeno sulfurado una lejía concentrada de sosa ordinaria, i purificarlo volviendo a disolver la masa cuajada i cristalizándola por métodos conocidos. Para que el licor no sea demasiado débil ni demasiado concentrado se disuelve, por ejemplo, 60 gramos de súlfuro en cada litro de agua, se filtra el licor si ha quedado algun re- *Disolucion normal.*

síduo i se guarda en una botella tapada con una tapa de vidrio esmerilada. Se sabe que las disoluciones de súlfuros alcalinos se descomponen, poco a poco, estando aun guardadas sin contacto del aire, i se forman hiposúlfitos. Esta descomposicion no influye en la exactitud del ensaye, pues el hiposúlfito alcalino, segun lo ha demostrado Pelouze, no ejerce accion alguna sobre el óxido de cobre en presencia del amoniaco.

Sin embargo, debilitándose la disolucion normal con el tiempo, es indispensable preceder siempre los ensayes que se hacen por el ensaye de cobre puro. Tampoco conviene guardar por mucho tiempo la disolucion normal, porque al cabo de algunos meses, la cantidad de licor que se necesita para precipitar un gramo de cobre seria demasiado grande i los cambios de color azul en las disoluciones amoniacales ménos sensibles.

Disolucion décima. A mas de la disolucion *normal* se emplea tambien, en estos ensayes, del mismo modo que en los ensayes por la via húmeda de plata, disolucion *décima*, es decir, una que tiene diez veces ménos de súlfuro que la primera. Para esto, si para la disolucion normal disolvemos 60 gramos de súlfuro en un litro de agua, disolveremos para la *décima* 6 gramos del mismo súlfuro en la misma cantidad de agua; o bien estenderemos la disolucion normal con una cantidad de agua tal que cada diez divisiones de la bureta llena de esta última disolucion precipiten tanto cobre como una division de la disolucion normal. Esta disolucion décima se emplea cuando el licor amoniacal azul queda con mui poco color i se quiere apreciar con mayor exactitud el momento en que pierda su color enteramente. De este modo se obtienen las decimales de las divisiones de disolucion normal, que por lo comun corresponden a las milésimas de la lei, i se evita que se agregue por inadvertencia un exceso demasiado notable de súlfuro alcalino.

Disolucion amoniacal: décima cobriza. En el caso, sin embargo, de ocurrir este último defecto, se puede aproximar el resultado, añadiendo por gotas al licor descolorido una disolucion amoniacal *décima* de cobre, tal que cada division o cada dos divisiones de la bureta correspondan a un milígramo de cobre, i se vierte esta disolucion hasta que el licor vuelva a presentar un lijero indicio de color azulejo.

Es de advertir que la disolucion *décima* de súlfuro alcalino se deteriora mas pronto que la disolucion *normal*: de manera que es menester preparar aquella mediante ésta, cada vez que se ensaya la disolucion normal i que se quiere obtener resultados mas seguros.

Utiles empleados. Empléanse para estos ensayes: 1.° una bureta dividida en centímetros cúbicos i cada centímetro en diez divisiones; 2.° una pipeta de 8 a 10 grs. para tomar e introducir en el ensaye esta cantidad de ácido nítrico; 3.° una pipeta de 40 o 50 grs. para el amoniaco; 4.° unos matraces de vidrio blanco en que se hacen los ensayes.

Cobre puro. Importa mucho que el cobre empleado para el ensaye de la disolucion normal sea puro, pues de esto en gran parte pende la

exactitud de todos los ensayes que se hacen por medio de esta disolucion. Pelouze aconseja emplear las placas que se preparan por método galvanoplástico para el daguerreotipo. Por falta de ellas seria menester disolver el cobre mas puro que se encuentra en el comercio, en el agua rejia, precipitar el metal disuelto por una barra de hierro, lavar bien el precipitado, secarlo i fundir en un crisol de greda con un poco de bórax vitrificado.

Precauciones. Empléase el ácido nítrico para las aleaciones i el agua rejia para los minerales. Atacada bien la sustancia se añade primero un poco de agua, en seguida el amoniaco i si la parte insoluble es abundante i ferrujinosa conviene filtrar. Se lava en tal caso con agua i un poco de amoniaco hasta que el agua del lavado pase sin color. Se reconcentran las aguas del lavado para que no aumenten demasiadamente el volúmen de la disolucion i se añaden a esta última.

Esceptuando el indicado caso, seria inútil la filtracion, pues en los mas casos las materias insolubles, como la sílice, la alumina, los óxidos de plomo, de antimonio, etc., no impiden que se aprecie con exactitud el momento en que la disolucion ha perdido completamente su color.

Si en la materia que se ensaya hai estaño, este metal queda en suspension en el amoniaco en estado de ácido estáñico; el licor no se aclara sino mui lentamente i no se puede reconocer bien el término en que desaparece su color. En tal caso se ha de añadir una pequeña cantidad de plomo, por ejemplo, 1 a 2 decígramos de este metal disuelto en ácido nítrico, ántes de echar amoniaco. Por este medio el ácido estáñico se reune con la mayor facilidad en el fondo del matraz, combinado probablemente con el óxido de plomo.

Siempre que la materia sometida al ensaye contiene hierro metálico o bien hierro oxidulado, importa mucho que en el acto de atacar esta materia por el ácido se peroxide bien el hierro i no quede nada de este metal al estado de protóxido, porque el protóxido de hierro en presencia de amoniaco haria pasar el óxido de cobre al estado de subóxido, i en seguida el cobre precipitaria en estado de subsúlfuro Cu^2S, en cuya formacion se gastaria la mitad de súlfuro alcalino que necesita el súlfuro CuS.

Precauciones que se toman en los precipitaciones. Es todo lo que se puede decir con relacion a las primeras operaciones, es decir, a la accion de los ácidos i del amoniaco. Llegando ahora al acto de precipitar el cobre por la disolucion normal, Pelouze aconseja calentar el licor amoniacal hasta el punto de la ebullicion i no se debe agregar la disolucion normal sino durante la ebullicion.

Se añade amoniaco a medida que se gasta durante la ebullicion i se ajita el licor cada vez que se añade nueva dósis de súlfuro alcalino; se deja despues por un corto rato el licor para que se asiente el precipitado, i se juzga por la intensidad del color cuantas divisiones mas de disolucion de sulfuro pueden añadirse sin temor de echar un exceso. Se procede de este modo, minorando al fin la dósis que se vierten de disolucion *normal*, i no se debe

emplear la disolucion *débil* o décima, sino cuando no queda mas que restos de color azulejo mui débil.

Dificultades i causas de error. En este último período de las operaciones ocurre la mayor dificultad i se exije mayor destreza de parte del ensayador. Mantenido siempre en ebullicion el licor i ajitándolo, no es fácil apreciar su color: es necesario pues esperar suficientemente que se asiente el precipitado. Pero si se deja por mucho tiempo enfriar el licor descolorido, no tarda en volver a tomar el color azulejo que aumenta por grados, a causa del óxido de cobre que se disuelve en el amoniaco. Por esta razon los ensayes de esta naturaleza exijen, segun parece, un tiempo que no se debe prolongar sino lo mui necesario para que el licor se aclare; i principiada la precipitacion por el súlfuro alcalino se ha de proseguir el ensaye sin interrupcion hasta que se obtenga el resultado.

Influjo de la temperatura. Pero a esto debemos agregar otro hecho señalado por Rose en su química analítica (1851 t. II p. 197). Si la precipitacion por el súlfuro alcalino se opera a la temperatura ordinaria, precipita el súlfuro i no el oxisúlfuro de cobre. Si la misma disolucion de súlfuro alcalino se vierte en el licor amoniacal, en ebullicion, manteniendo su temperatura entre 75° i 80° c, precipita el oxisúlfuro señalado por Pelouze compuesto de 5 CuS+CuO. Pero si se prolonga la ebullicion de este último con el licor cobrizo amoniacal, puede todavia el súlfuro de cobre CuS unirse con mayor cantidad de óxido de cobre, i, al propio tiempo, puede tambien una parte de óxido de cobre transformarse en óxidulo Cu^2O que se disuelve en el amoniaco, formando una disolucion sin color. *Es, pues, necesario que durante toda la operacion la temperatura del licor cobrizo se mantenga entre ciertos límites: es decir, que no baje de 50° ni suba a mas de 75° a 80° c.*

Influjo de materias ferrujinosas. Es tambien de advertir que cuando la materia que se ensaya es mui ferrujinosa i tenemos que filtrar el licor amoniacal para librarnos del precipitado de hidrato de hierro que nos haria difícil el apreciar la descoloracion del licor, se pierde una cantidad notable de cobre en este mismo precipitado de hidrato de hierro, del cual es imposible separar completamente el óxido de cobre por el amoniaco.

Grado de exactitud. A pesar de lo espuesto, se puede, segun Pelouze, obtener con facilidad por este método, resultados bastante exactos, sin que el error pase de 5 a 6 milésimos, i se puede reducir este último a 2 o 3 milésimos, empleando al fin de la operacion disoluciones mas débiles que la *normal* (*Comples rendus de l'academie*, t. XXII núm. 5, 1846).

Por otra parte, es fácil probar que a la temperatura de ebullicion el estaño, el plomo, el hierro, el zinc, el cadmio i el antimonio no pueden obrar sobre el súlfuro de sodio sino despues de cobre. Pelouze ha hecho ver que, si se hace calentar por algun rato los súlfuros de los mencionados metales, por ejemplo, el súlfuro de zinc con nitrato de cobre amoniacal, la disolucion pierde su color, el cobre precipita al estado de súlfuro i el zinc

se disuelve: lo que prueba con la evidencia que la presencia de este metal no influye en la exactitud del ensaye.

Antes bien, la presencia del zinc puede ser útil, pues al momento de acabar la precipitacion del cobre principia la de súlfuro de zinc, cuyo precipitado, que es tan fácil de conocer por su color blanco, nos hace advertir que la operacion está concluida.

En todo caso este método no es aplicable al ensaye de las materias que contienen cobalto, niquel o mercurio; i si tienen plata es indispensable separar esta última por medio de ácido clorhídrico i filtrar la disolucion ántes de agregar el amoniaco. *En qué caso es inaplicable el método.*

En cuanto al arsénico, a pesar de que el mismo inventor nos deja en duda acerca del influjo que este cuerpo puede ejercer sobre el ensaye, parece averiguado que en tal caso los resultados, aunque ménos exactos que en los casos anteriores, poco se diferencian de lo que se obtiene por medio de otros métodos no ménos imperfectos i mucho mas largos que éste. *Arsénico.*

Se puede aun obtener resultados mas seguros si a la disolucion cobriza, ántes de agregar amoniaco, se añade sulfato de magnesia, como se aconseja mas adelante, tratando del método de Parques, (páj. 168). En efecto, hallándose por lo comun en las materias arsenicales de cobre algo de hierro, se forma arseniato de hierro que es algo soluble en el amoniaco, i puede producir con el súlfuro de potasio, precipitado parecido al precipitado de cobre, i en tal caso el ensaye nos dará una lei demasiado exajerada. Añadiendo sal de magnesia, queda todo el arsénico al estado de arseniato de magnesia en el precipitado, con todo el peróxido de hierro. Separado este precipitado por filtracion, procederemos a la precipitacion del cobre por medio del licor normal de súlfuro de potasio como en los casos ordinarios, hasta que el precipitado negro cese enteramente de producirse.

Resúmen de las reglas que deben observarse en esta clase de ensayes.—Habiendo algunas contradicciones, como se acaba de ver, entre las reglas que prescribe para este método su inventor i lo que queda averiguado por Rose i otros químicos que han tratado esta materia, no será de mas hacer aquí un resúmen de las reglas que, segun parece, aseguran del modo mas positivo la exactitud en estos ensayes. Estas reglas son las siguientes:

1.° Se harán siempre ensayes comparativos, uno sobre 1 gramo o medio gramo de cobre puro i otro sobre uno o dos gramos de materia que se quiera ensayar, empleando para esto las mas veces agua rejia para tener el hierro peroxidado; 2.° Se añade a cada ensaye una pipeta de 100 gramos de agua fria, i si la materia tiene arsénico, algo de sulfato de magnesia, a esto se agrega 40 a 50 gramos de amoniaco i se calienta suavemente por un cuarto de hora, para que mejor se disuelva el óxido de cobre i se asiente el precipitado. Fíltrese, si este último es mui ferrujinoso i en cantidad considerable i se lo lava con agua amoniacal. 3.° Estiéndase el licor (o bien, en caso de haberse prolongado demasiado el lavado, se reconcentran las aguas del lavado), de manera que el

ensaye contenga unos 200, cuando mas 250 gramos (¼ de litro) de agua; i se hace calentar el licor hasta que adquiera como 70° cent. de temperatura. En este momento se vierte la disolucion normal de súlfuro de potasio por partes; ajitase el licor, teniendo cuidado de asegurarse por medio del termómetro que durante la precipitacion no baja la temperatura de este licor a mas de 50° ni sube mas de 70° cent. 5.° Cuando en el licor no queda mas que indicio de color azulejo, se concluye la precipitacion con una disolucion de súlfuro, *débil* (que sea por ejemplo 5 veces mas débil que la anterior), i *no se tendrá por concluido el ensaye sino cuando al agregar la última dósis de esta disolucion, no aparece mas indicio de precipitado negro.*

Adviértese que, debiendo la temperatura del licor, durante toda la precipitacion, mantenerse entre 50° i 70° cent. no se debe al principio esperar que el licor entre en ebullicion; pues que, hallándose este licor todavia cargado de óxido de cobre, su temperatura puede al principio subir a mas de 80 grados. Mas tarde, cuando el licor no conserva sino restos de su color azulejo, puede el líquido mantenerse con ebullicion sin que su temperatura suba demasiadamente, i entonces aun el precipitado se reune con mayor facilidad i el licor se aclara prontamente. En ningun caso se debe interrumpir la operacion ni prolongar la precipitacion por mucho tiempo.

§ VII.—OTROS PROCEDIMIENTOS POR LA VIA HÚMEDA: MÉTODOS COLORIMÉTRICOS.

1.° *Método de Parkes.*

Este método se halla fundado en la propiedad que tiene toda disolucion amoniacal de cobre de perder su color enteramente por la adicion suficiente de un protocianuro alcalino i de acido hidrociánico libre. Se prefiere para esto el cianuro de potasio KCi por ser ménos fácil de descomponerse i porque es mas fácil hallarlo en comercio, en estado de pureza.

El procedimiento, como está descrito en el *Diario de Minas* por Parkes en los mismos términos reproducido en el *Manual de Ensayes* (1854) por Mitchell, es el siguiente:

"Tómese cierta cantidad de cobre puro (por ejemplo, 10 gramos) i habiéndolo disuelto en el ácido nítrico, en un frasco, se vierte amoniaco en exceso i se añade agua en cantidad determinada de manera que el todo pese unos 2,500 granos medidos al volúmen ($\frac{1}{3}$ de una pinta, poco mas o ménos): aunque esta condicion no es absolutamente necesaria. Disuélvese 1 onza (avoirdupois) de puro cianuro de potasio enteramente libre de ferrocianuro de súlfuro de potasa, en 5 onzas, medidas al volúmen, de agua; se filtra el licor i se guarda en una botella bien tapada para el uso. Principio por averiguar qué cantidad de esta disolucion de cianuro se necesita para quitar el color a la disolucion de cobre, tomando de aquella cierta cantidad en un tubo graduado

como una bureta i vertiéndola gradualmente en la disolucion de cobre hasta que ésta quede enteramente descolorida. Se han de añadir las últimas cantidades de licor cianúrico gota por gota i se debe parar la operacion en el instante en que el último indicio de color azulejo desaparece: lo que es fácil notar, pues no se forma precipitado alguno que pudiera enturbiar el licor i se procede a la temperatura ordinaria. A punto la cantidad que se ha empleado en esta operacion de licor cianúrico: cantidad que se determina al volúmen por el número de divisiones de la bureta. Supóngase que esta cantidad corresponde a 500 granos: adquirido este dato, mui fácil es determinar la cantidad de cobre contenido en un mineral de cobre, o en algun producto metalúrjico, disolviendo cierta cantidad (por ejemplo, 20 granos) de materia que se quiere ensayar, en ácido nítrico o agua rejia, i activando la accion de los ácidos por medio de calor si hai necesidad, como por ejemplo, para ensayar algunos súlfuros. Añádese en seguida amoniaco en exceso, i en caso de hallarse en el ensaye cantidad considerable de hierro o alumina, es necesario hacer dijerir el precipitado en el licor amoniacal, calentándolo hasta la ebullicion, para adquirir la seguridad de que todo el cobre se ha disuelto en el amoniaco. A esta disolucion, despues de haberle filtrado i haber lavado el filtro, se agrega agua, en tal cantidad, que el licor diluido tenga poco mas o ménos el mismo volúmen (2,500 granos) que el de la disolucion de cobre puro que hemos tomado por *tipo* o punto de comparacion. No queda entónces por hacer mas que dejar la disolucion en el frasco hasta que se enfrie i agregar cianuro de potasio hasta que pierda todo su color, apuntando la cantidad empleada de este reactivo i procediendo del mismo modo como se ha dicho para el ensaye del cobre puro. Voi a suponer que, para quitar todo el color a la disolucion de la materia cobriza que hemos ensayado, se gastaron 400 granos, medidos al volúmen de disolucion cianúrica; en tal caso formaremos esta proporcion:

$$500 \text{ grs. } KCy : 10\ Cu :: 400\ KCy : 8\ Cu.$$

"Es decir, ha habido 8 granos de cobre en los 20 granos de materia que se ha ensayado, i por consiguiente, la *lei* en cobre de esta materia es 40 por ciento.

"Si es un súlfuro lo que se ensaya, es a veces bueno filtrar el licor ántes de agregar amoniaco, para separar el azufre; o bien se ha de emplear en tal caso disolucion de amoniaco mui débil, i se hará calentar suavemente el licor: pues sin esta precaucion, una pequeña cantidad de cobre puede volver a pasar al estado de súlfuro, particularmente si el precipitado producido por el amoniaco es algo voluminoso.

"Cuando el mineral contiene manganesa, lo que es fácil reconocer en un ensaye preliminar al soplete, es mejor emplear para formar disolucion amoniacal, carbonato de amoniaco, en lugar de amoniaco puro, por ser el carbonato de manganesa mui poco

soluble en el exceso de carbonato de amoniaco. La razon de esta modificacion que propongo es que, si la disolucion amoniacal contiene manganesa, ésta toma al fin de la operacion un lijero viso amarillento que pudiera algo influir en la determinacion de los últimos centésimos de cobre.

"La misma observacion se puede aplicar a la presencia del arsénico, que si este cuerpo se halla con hierro en la materia que ensayamos, el ácido nítrico los convierte en arseniato de hierro que es soluble en el amoniaco. He evitado este inconveniente agregando a la disolucion nítrica o nitro-muriática de la materia que ensayamos, algo de protosal de estaño o bien sulfato de magnesia; por este medio, el arsénico queda sin disolverse al agregar amoniaco."

Ventajas del método. Este método lleva, sin duda, una gran ventaja al anterior, i es que la temperatura no ejerce influjo alguno sobre sus resultados: se opera, por consiguiente, a la temperatura ordinaria sin necesidad de calentar las disoluciones. Otra ventaja no ménos importante es que, en los ensayes de Parkes, no se forma durante la operacion precipitado alguno que pudiera modificar el color de la disolucion, interponiéndose entre sus partículas.

Defectos del método. Pero este método es defectuoso cuando la materia que se ensaya contiene zinc o manganesa; i como los minerales de cobre, sobre todo los de la tercera clase, contienen en sus criaderos blenda o calamina, o bien espato perlado manganesiano, se cometen en estos casos errores e inexactitudes inevitables. Tampoco podria aplicarse este método a las materias que contienen cobalto o niquel. A mas de esto, aparece por lo comun al fin de la operacion, ántes que el licor amoniacal pierda enteramente su color, algun viso débil, verdoso, amarillento o algo rojizo, que causa dudas acerca de las últimas adiciones de cianuro; i en todo caso, mas fácil es percibir el mas leve indicio de precipitado negro que produce la disolucion de súlfuro de potasio, por el método de Pelouze, que apreciar los últimos restos del colorido que puede poseer todavía la disolucion amoniacal, debidos al último centigramo o centigramo i medio de cobre, operando por el método de Parkes. Por esta razon, me parece que si observamos las reglas arriba indicadas (páj. 164), el método de Pelouze presenta reacciones mas visibles i seguras que este último.

Ensaye repetido por el método de Parkes, combinado con el método por precipitacion.—Varios ensayadores del comercio, particularmente los de las casas que compran minerales i ejes de cobre en Chile, proceden en sus ensayes del modo siguiente: Principian por ensayar la materia cobriza por precipitacion, valiéndose para esto del hierro i procurando separar el cobre del modo mas completo posible, aunque fuera impuro, mezclado con subsales de hierro i algo de plomo, arsénico o antimonio. En seguida, despues de haber lavado el precipitado, vuelven a disolverlo i a ensayarlo por el método de Parkes.

Es innegable que hallándose el cobre, separado en el primer ensaye por precipitacion, libre de manganesa de zinc, de cobalto

i niquel, su ensaye por el cianuro ofrece resultados mas seguros para el comprador que si se ensayara la materia cobriza directamente por el método de Parkes, sin someterlo previamente al ensaye por precipitacion; pero se ha de tomar en consideracion que en la precipitacion por el hierro queda siempre una pequeña cantidad de cobre (1 a 2 centígramos) en las disoluciones, i es casi inevitable una pequeña pérdida del mismo metal en el lavado; pérdidas que se compensan por otros accidentes i una pequeña oxidacion de cobre que es tambien inevitable cuando se tiene que calentar el cobre precipitado, para espeler toda el agua de una cantidad de metal algo considerable. De esta compensacion no se hace caso en el último resultado que se obtiene en el ensaye *repetido*, por el cianuro; ántes bien, a las mencionadas pérdidas se añade quizás otra pequeña, debida a la incertidumbre que ocasionan las últimas gotas del reactivo descolorante cuando el licor queda con un indicio de color amarillento. Se cree, pues, que a esta falta de toda *compensacion* de pérdidas en los *ensayes repetidos* (primero por precipitacion i en seguida por el cianuro), se debe atribuir que jeneralmente estos ensayes dan por resultado uno a uno i medio por ciento de cobre ménos que los que hacen con toda prolijidad posible por *precipitacion*, sin ocurrir a la rectificacion del ensaye *por el cianuro.*

2.° *Determinacion del cobre por la coloracion que se da a una disolucion amoniacal.*

Varios químicos han propuesto determinar el cobre comparando las coloraciones azules que presentan las disoluciones amoniacales.

Método de Le-Play.—Prepáranse en una série de frascos de la misma forma i capacidad, licores amoniacales que contienen diversas cantidades de cobre, crecientes en una cierta progresion. Se toma en seguida un gramo de materia que se quiera ensayar i se obtiene de ella, por medios de que se ha dicho anteriormente, un licor amoniacal, en el cual tendremos todo el cobre de la materia ensayada. Se vierte este licor en un frasco idéntico a los anteriores i se le añade agua, de manera que el licor tenga el mismo volúmen que los licores contenidos en los primeros. Se observa entónces entre qué frascos de la série que hemos adoptado para comparaciones se puede colocar la disolucion amoniacal del ensaye, en cuanto al grado de intensidad de su color, i de este modo se obtienen dos límites bastante aproximados, entre los cuales se hallará comprendida la cantidad de cobre que se quiere valuar.

De este modo, con mucha exactitud i rapidez determinó Le-Play la *lei* en cobre de un gran número de escorias cobrizas.

Segun Rivot, profesor de docimasia del Colejio de Minas de Paris, este procedimiento colorimétrico es el único que se puede emplear para los minerales mui pobres: para escorias, i en jene-

ral, para todas las materias que contienen cantidad de cobre mui pequeña.

Rivot aconseja emplear para frascos que llama *frascos tipos*, botellas de medio litro de capacidad, i tomar 0 grs. 005 de diferencia constante entre los pesos de cobre puro que deben contener los *frascos tipos* consecutivos. Sin embargo, cuando se trata de determinar en las muestras que se ensayan cantidades inferiores a un centígramo, prefiere emplear frascos de un cuarto de litro.

Método de Jacquelain.—El principio fundamental de este método consiste en saber determinar el volúmen que se debe dar a la disolucion amoniacal, preparada por medio de un peso determinado de la sustancia que se ensaya, para que esta disolucion tome la misma *coloracion*, es decir, el mismo grado de color azul, que tiene un licor amoniacal, *tipo* (adoptado por punto de comparacion), cuyo volúmen i contenido de cobre se conocen. Los dos licores se tienen en los tubos de igual diámetro: el del licor *tipo*, se guarda cerrado en la lámpara, mediante lo cual permanece con grado de calor invariable.

El objeto de esta operacion no es solo determinar la lei de cobre de las escorias i materias pobres, sino tambien la de las aleaciones, de los minerales i productos metalúrjicos.

En estos casos los licores toman colores mui intensos i no es siempre fácil igualar la coloracion de los dos licores. Las diferencias que corresponden a pequeñas cantidades de cobre (por ejemplo, a algunos miligramos, cuando se opera sobre dos gramos de una materia rica) son tan débiles, que se exije una larga práctica para apreciarlas.

No se deberia tampoco desconocer el influjo que ejerce sobre licores amoniacales de cobre la naturaleza i la proporcion de las sales en disolucion; estas dos circunstancias son variables cuando se aplica el método de Jacquelain a sustancias diferentes (1).

OTROS METODOS DE ENSAYAR.

Método de Levot.—Se introduce la disolucion que se quiere ensayar por cobre en un frasco provisto de una tapa de vidrio, esmerilada; luego se vierte amoniaco en exceso i se echa agua hirviendo para llenar con ella el frasco; en seguida se sumerje en esta misma disolucion adentro del frasco una hoja de cobre puro de peso conocido i se tapa el frasco, dejándolo en reposo hasta que el licor pierda completamente su color. Se saca la hoja i despues de haberla lavado i secado lo mas lijero posible se pesa. Por la pérdida del peso en la hoja de cobre se calcula la proporcion de cobre que se hallaba en la disolucion ensayada. La esperiencia demuestra que por este método se obtiene una lei, o cantidad de cobre demasiado subida.

Método de Pisani.—La disolucion debe ser neutra o neutrali-

(1) *Anales de Minas*, 1851, tomo VI, páj. 132.

zada por la potasa, i si al agregar esta última se forma un pequeño precipitado se debe disolverlo en agua acidulada con ácido sulfúrico. Se hace pasar ácido sulfuroso, i en seguida, disolucion de ioduro de potasio, hasta que el licor pierda su color. Despues, es necesario calentar el licor hasta la disolucion i recojer con cuidado el precipitado de ioduro de cobre sobre un pequeño filtro, que en seguida se lava con agua caliente i se seca en una estufa con 110° a 120° de temperatura. Del peso del ioduro de cobre se deduce el de cobre.

Método de Brown.—A la disolucion de cobre que se quiere ensayar, i que no debe ser nítrica, se añade, primero sulfato de sosa, i en seguida se hace salir por la ebullicion el ácido sulfuroso agregando ácido clorhídrico. Se deja enfriar el licor i despues de haberle añadido algo de almidon cocido, se determina la cantidad de cobre para la disolucion de ioduro de potasio, a la cual se añade un poco de iodo libre i la que se determine al volúmen, por medio de las buretas. Se vierte esta disolucion normal de iodo cuyo grado de concentracion es conocido, hasta que desaparece el color azul del licor cobrizo.

Conclusion relativa a la eleccion de los métodos.

De la descripcion de tantos i tan variados métodos que se emplean o se han propuesto para ensayar las materias cobrizas podemos sacar por consecuencia lo siguiente:

1.° Ningun ensaye de cobre por la via seca puede dar resultados tan seguros como los ensayes por la vía húmeda; i si bien los ensayes por la via seca, como se practican en Inglaterra, pueden ser útiles a los fundidores i beneficiadores, para ilustrarlos sobre la naturaleza de los minerales, estos mismos ensayes no se usan en el comercio de los ejes i minerales de cobre chilenos, por ser en jeneral incómodos i ménos seguros.

2.° Para las materias de primera i segunda clase, como tambien para las aleaciones de naturaleza análoga, daremos preferencia a la precipitacion del cobre al estado metálico por el zinc o hierro; o bien al método de Pelouze por el súlfuro de potasio si no contienen cobalto o niquel. Podremos tambien valernos del método de Parkes si no contienen zinc ni manganesa.

3.° Para las materias de tercera clase i las aleaciones de igual naturaleza, podrá darse la preferencia al método de Pelouze, o bien a la precipitacion del cobre por el hierro o zinc como si la materia fuera de primera o segunda clase i a la refinacion de este cobre por el método de Pelouze o de Parkes; en fin, podrá emplearse con ventaja uno de los métodos por la via húmeda, señalados para estas materias en las pájinas 154 i 155; sobre todo si contienen niquel o cobalto.

4.° Para las materias mui pobres, como escorias, servirá el método de Le-Play o de Jacquelain; o bien por medio de hidrójeno sulfurado, cuando se quiere recojer las proporciones mas pequeñas de cobre, i determinarlas con exactitud (páj. 144).

CAPÍTULO VII.

PLOMO.

SECCION PRIMERA.

Resúmen de las principales propiedades de plomo, propiedades cuyo conocimiento tiene aplicacion en la docimacia i metalurjia de este metal.

El plomo es blando, maleable, dúctil, pero de mui poca tenacidad. Su peso específico 11.445. Se funde a la temperatura de 334°, mucho ántes de apuntar el calor rojo. Al calor rojo se volatiliza i esparce vapores visibles en el aire: de manera que, fundido en un crisol de brasca, pierde uno i medio por ciento a la temperatura de 50° i nueve por ciento a la de 150 pir. es cristalizable por enfriamiento.

Mantenido en estado de fusion, arde, transformándose en protóxido, i desarrollando vapores que producen una llama blanca pálida: si al mismo tiempo el calor es bastante elevado para derretir el óxido que se forma, este penetra en la masa del metal fundido. En tal caso el plomo que se obtiene es sin lustre, ágrio, se divide en hojas i no vuelve a cobrar sus propiedades sino cuando se vuelve a fundir en contacto de carbon.

Cuando se deja espuesto al aire húmedo i a la accion de vapores ácidos pasa al estado de óxido, i bastan para producir este efecto los acidos mas débiles como el ácido carbónico. El agua destilada puede aun en este caso hacer las veces de un ácido, a consecuencia de la afinidad que posee con el óxido de plomo. Pero la existencia en el agua de una corta cantidad de sales, señaladamente de sulfato de cal es bastante para que no se verifique la oxidacion i hé aquí la causa de que no se observa semejante efecto en las aguas de nuestros posos i fuentes.

El plomo no descompone el agua a ninguna temperatura, ni en presencia de los ácidos. La accion del ácido clorhídrico sobre este metal, aun cuando el ácido está hirviendo i concentrado, es sumamente débil. El ácido sulfúrico concentrado i a la temperatura de la ebullicion convierte el plomo en sulfato de plomo con desarrollo de ácido sulfuroso. El mejor disolvente para este metal es el ácido nítrico.

El protóxido de cobre se reduce mediante el plomo al estado de subóxido, el que tambien puede reducirse aunque en parte por el mismo metal. El salitre ataca mui pronto el plomo a un calor poco elevado i se forma un compuesto de dos óxidos mui fusibles. Los sulfatos neutros ni los carbonatos alcalinos ejercen accion alguna sobre el metal.

El azufre i el arsénico se unen directamente con el plomo, i tambien se alean con él todos los metales; exceptuando el hierro. Con algunos como el cobre, el cobalto, el niquel, las aleaciones no son homojéneas ni tan perfectas como las de plata.

Oxidos.—El plomo puede combinarse en tres proporciones distintas con el oxíjeno, formando un subóxido, Pb^2O, un protóxido PbO i un bióxido PbO^2, siendo el equivalente del metal 1294.5. El óxido que se forma en los procedimientos metalúrjicos es el protóxido, llamado *litarjirio* o *masicot*, i a veces el *minio* u *óxido rojo* que consta de protóxido i de bióxido en proporciones variables. El litarjirio es una base mui enérjica, tanto por la via seca como por la via húmeda: es mui fusible i forma compuestos mui fusibles. Cuando fundido, corroe los crisoles i tiene la propiedad de atravesar las copelas, arrastrando consigo el óxido de cobre, en proporcion que no pasa de una trece-ava parte del peso de litarjirio. Las propiedades de este óxido se hallan descritas en el artículo que trata de los reactivos, pájina 30 i 41. El minio se forma cuando se calienta moderadamente, en contacto del aire protóxido de plomo en polvo fino o masicot.

Las sales son todas de protóxido: las que contienen un ácido sin color son sin color. Las solubles precipitan por los álcalis fijos, pero el precipitado es siempre soluble en el exceso de reactivo. El amoniaco forma tambien en ellas el precipitado, pero no lo disuelve aun cuando se emplea en exceso.—El ácido sulfúrico i los sulfatos producen en sus disoluciones un precipitado blanco en polvo pesado; el ácido muriático i los cloruros, unos precipitados cristalinos solubles en mucha agua; el hidrójeno sulfurado, un precipitado negro insoluble en el hidrosulfato. Se reducen por el hierro, zinc i en ciertos casos por el estaño.

El súlfuro PbS es la galena:—es mui fusible, pero ménos que el plomo: atraviesa los crisoles como el litarjirio pero con ménos prontitud i sin combinarse con la materia del crisol. Es mas volátil que el plomo, i volatilizándose se descompone: la parte volatilizada es un *persúlfuro*: i el resíduo que queda un *subsúlfuro*: la prontitud con que pasa al estado de vapor es tal que en una hora, pierde en un crisol de brasca, tapado, cuarenta por ciento de su peso a la temperatura de 50° i 75 por ciento a la de 150° por ciento. Su volatilizacion se acelera cuando hai corriente de algun gas.—Por la calcinacion en contacto del aire el súlfuro se transforma en una mezcla de óxido i sulfato, con desarrollo de ácido sulfuroso. El ácido nítrico mui débil, o mezclado con cantidad de agua conveniente, disuelve el plomo i puede separar todo el azufre sin acidificarlo; pero cuando es concentrado i se prolonga la ebullicion puede transformar todo el súlfuro en sulfato sin dejar óxido ni ácido en exceso. El ácido clorhidrico concentrado i a la temperatura de la ebullicion, convierte el súlfuro en cloruro, con desarrollo de hidrójeno sulfurado. A la temperatura de 50° pirom el súlfuro de plomo se descompone por el hierro, el cobre, el zinc i el estaño: en estos

casos el plomo se separa con mucha facilidad i completamente por el hierro sin alearse con él; pero no siempre sin mezclarse con una parte del cobre. Los ejes plombíferos que provienen de la fundicion de las galenas contienen por lo comun un *subsúlfuro* que tiene el mismo aspecto que la galena, mezclado con plomo. Los álcalis fijos i los carbonatos alcalinos descomponen la galena por la via seca orijinando plomo puro i una escoria gris mui fusible que contiene sulfato alcalino i un compuesto de súlfuro de plomo i súlfuro alcalino (p. 30). En este caso una parte de alcali se reduce por el azufre que se transforma en ácido sulfúrico i no se produce óxido de plomo. Calentando la galena con carbonato de sosa sin contacto del aire, se obtiene 53 por ciento de plomo; miéntras que, si se hace la misma operacion en un crisol abierto se obtiene 63 por ciento de plomo, i si se mantiene la materia en estado de fusion en una escorificatoria se puede obtener hasta 80 por ciento del mismo metal: esto se atribuye a que el óxido de plomo que se forma por el contacto del aire descompone el súlfuro, aun cuando este último se halla combinado con el súlfuro alcalino. El salitre, empleado en cantidad conveniente, puede quitar todo el azufre a la galena i separar el plomo: 30 partes de carbonato de sosa con 3 partes de salitre producen este efecto sobre 10 partes de galena, i si no se emplea la sosa se ha de emplear doble proporcion de salitre para descomponer completamente el súlfuro. La presencia de carbon facilita mucho estas reacciones: así 1 parte de galena fundida con 4 partes de flujo negro, o de crémor dan casi la totalidad de plomo. Desazúfrase igualmente la galena por la cal o la barita, cáusticas, en presencia del carbon; el peróxido de hierro se reduce por el azufre de la galena, i pasa al estado de oxídulo. El óxido de cobre i la galena fundidos en partes iguales dan cobre rojo puro i escoria roja; si se emplea el óxido en menor cantidad, se forma un súlfure doble de cobre i de plomo, cuya proporcion es tanto mayor cuanto mayor la proporcion de la galena.

Los mas óxidos metálicos ejercen tambien accion semejante sobre la galena—100 partes de litarjirio fundido con 53 a 54 partes de galena se convierten, al calor albo, en plomo metálico i todo el azufre se va en estado de ácido sulfuroso. Si la galena se halla en exceso, obtenemos plomo i subsúlfuro de plomo; si predomina el litarjirio, tenemos plomo metálico cubierto de litarjirio: pero si el litarjirio i la galena se calientan solamente a una temperatura apenas suficiente para fundir la mezcla, se forma un oxisúlfuro.

La galena puede combinarse en todas proporciones casi con todos los súlfuros metálicos, pero no tiene afinidad con el súlfuro de zinc.

La galena i el sulfato de plomo se descomponen recíprocamente con desarrollo de ácido sulfuroso: calentando 1 equivalente de sulfato con 1 equivalente de súlfuro quedan 2 equivalentes de plomo:

$$PbO.SO^3+PbS=2SO^2+2Pb.$$

Si se calientan 2 equivalentes de sulfato con 1 equivalente de súlfuro, se obtiene óxido de plomo i plomo metálico.

$$2\,(PbO.SO^3)+PbS=3SO^2+2PbO+Pb.$$

Se utilizan estas dos reacciones en el beneficio de plomo.

El sulfato de plomo es blanco i mui pesado; al calor blanco se ablanda i se funde en un esmalte, despidiendo una corta cantidad de ácido sulfuroso. Es insoluble en el agua; algo soluble en el ácido nítrico concentrado o cuando hai exceso de ácido sulfúrico; el ácido clorhídrico lo disuelve i descompone. Es soluble en los álcalis fijos cáusticos i se descompone por los carbonatos alcalinos, tanto por la via seca como por la via húmeda. Calcinado con carbon en exceso, se convierte en subsúlfuro i se volatiliza algo de plomo, cuya pérdida es tanto mayor cuanto mas elevada es la temperatura; pero si se emplea carbon en proporcion solamente necesaria para transformar el ácido sulfúrico en ácido sulfuroso i para reducir el óxido, proporcion que corresponde a 6 partes por ciento de sulfato, se obtiene plomo metálico. Es mui fusible cuando se mezcla con litarjirio o con cloruros alcalinos, i tambien es un oxidante enérjico para varios metales por la via seca.

El fosfato se parece mucho por sus caractéres al sulfato, pero no se reduce por el carbon sino con mucha dificultad i a la temperatura de 150° pir. Se hace mas fácil i mas completa su reduccion por la presencia del hierro. El flujo negro lo reduce con facilidad i se obtiene plomo puro.

Los arseniuros de plomo son mui fusibles, ágrios, de contestura hojosa como la galena; espuestos al calor blanco, retienen mas de quince por ciento de arsénico. El hierro los descompone completamente, pero no los alteran los carbonatos alcalinos. El litarjirio en exceso los descompone, quedando el arsénico al estado de ácido arsenioso en la escoria. El arseniuro i el arseniato se descomponen recíprocamente, volatilizándose el ácido arsenioso.

Los arseniatos i arsenitos de plomo son mui fusibles, no se descomponen por el fuego; pero se reducen al estado de arseniuro por el carbon o flujo negro empleados en exceso, i al estado metálico si se emplean en pequeña cantidad.

El cloruro de plomo es blanco: necesita a lo ménos treinta i tres por ciento de agua en estado de ebullicion para disolverse i mucho mas a la temperatura ordinaria; pero el ácido muriático aumenta mucho su solubilidad.—Insoluble en el alcohol de 25°.—Es mui fusible i se volatiliza al calor rojo.—Se descompone por los carbonatos alcalinos i sobre todo por el flujo negro.

El carbonato de plomo es blanco, insoluble en el agua. Se convierte por el calor en litarjirio, pero si no se le calienta bastante para que se funda el litarjirio, toma un calor rojo i pasa al estado de minio.

SECCION SEGUNDA.

Minerales i productos de las artes.

§ 1.—ESPECIES MINERALES.

Las especies minerales de plomo pueden clasificarse del modo siguiente:

1.ª clase.—Plomo nativo i minerales oxijenados.	Plomo nativo. Los óxidos. El oxicloruro. El oxicloro ioduro. El carbonato. El sulfato-carbonato. El cloro-carbonato. El aluminato.
2.ª clase.—Minerales sulfurados, seleniados i telurados.	El súlfuro simple (galena). Los súlfuros dobles. Los polisúlfuros. El sulfato. Los seleniuros i los teluros.
3.ª clase.—Minerales fosforados i arseniados	Los cloro-fosfatos. Los cloro-arseniatos. El arseniuro.
4.ª clase.—Minerales de ácidos metálicos.	Los cromatos. El tungstato. El molibdato. El vanadato.

Plomo nativo.—En granos redondeados sueltos, envueltos en una masa terrosa de cal i de partículas de galena; estructura granuda i escoriacea, lustre metálico, blando. Segun Pflücuer, en la superficie de un cerro a dos leguas al S. E. de Huancavelica, en las grietas. El plomo contiene bastante antimonio. Tambien en Zomel Almacan en Méjico.

Los óxidos de plomo, el protóxido i el minio son mui raros, acompañan al carbonato de plomo, de cuya descomposicion provienen i se parecen al litarjirio i al minio artificiales.

El oxicloruro tambien es raro: tiene un color amarillo de paja; es frájil, se disuelve en ácido muriático con una lijera efervescencia.

Oxicloro ioduro de plomo (Schwartzembergit).—Este mineral, descubierto por el doctor Schwartzemberg, se ha hallado en varias localidades del desierto de Atacama, particularmente en Cachina (entre Taltal i Paposo), en las minas de plata de Caracoles (en la Leona, etc), en las de Huantajaya i últimamente en la Palestina, a pocas leguas al este del puerto de Antofagasta.

Amorfo, amarillo de azufre, de limon i rojizo, algo lustroso, granudo, cristalino i terroso, en pegaduras i cortezas sobre la galena, mas blando que el espato calizo; ps. 5.7; tan fusible como la plata córnea. Al fundirse toma color mas oscuro i sobre el carbon globulitos metálicos. En un matracito, sin adicion, abundante vapor violado de iodo i resíduo amarillento con señas de cristalizacion. Soluble sin efervescencia en el agua acidulada con ácido nítrico. Consta de

Cloruro de plomo	22.8	cloro	5.7
		plomo	7.1
Ioduro de plomo	18.7	iodo	10.3
		plomo	8.4
Oxido de plomo	47.1		
Cal	1.7		
Acido sulfúrico	2 5		
Criadero cuarzoso	5.3		
	98.1		

El carbonato es bastante comun, i constituye los verdaderos minerales que se benefician por plomo. Las mas veces está acompañado con la galena. Ordinariamente es blanco, trasparente, de un lustre de diamante; cristaliza en prismas hexágonos, en tablas biseladas, en agujas, i tambien terroso o compacto: su peso es 6.72 a 7.24. Algunas veces tiene un color negro tanto en la superficie como en el interior del mineral, o bien color gris: lustre semi-metálico. Al soplete chisporrotea, se pone amarillo i se trasustancia en protóxido, fundiéndose con mucha facilidad.

Su composicion—óxido de plomo 0,835--(plomo 0,775)
ácido carbónico 0,165

Soluble con efervescencia en los ácidos 1,000

Muchas veces está acompañado con el óxido de zinc. Esta especie mineral se halla abundante en las mas minas de plomo en Chile, i siempre en la parte superior de las vetas. Sus compañeros en este pais son el arseniato de plomo, el carbonato azul de cobre, a veces el carbonato verde de cobre, el molibdato, la calamina, etc.: en cuanto a su lei en plata, véase los minerales de plata, en el capítulo siguiente.

Los sulfatos-carbonatos, son mui raros; cristalizan en prismas o en agujas, tienen brillo de diamante; sin color, trasparentes.

El cloro-carbonato tambien mui raro, se parece a las especies anteriores, es blando, se deja cortar con el cuchillo.

El aluminato o plomo agomado se parece mucho a la goma;

color pardo cetrino i rojiso; en listas, amorfo, trasluciente; raya al espato fluor, forma cocreciones, consta de

óxido de plomo	35.4
alumina	34.3
agua	18.7
ácido fosfórico	8.1
cloruro de plomo	3.3

no se encuentra cristalizado. Al soplete se hincha, hierve, pero no se funde completamente: con el nitrato de cobalto toma el color azul.—Es raro.

Galena o súlfuro de plomo (*soroche-plomo de bala*).—Es el mineral de plomo mas abundante en la naturaleza: se reconoce por su lustre metálico, que es de un gris de plomo un poco azulado: su forma cristalina deriva del cubo: su estructura las mas veces hojosa i mui rara vez compacta o granuda; las hojas se cruzan comunmente en tres direcciones formando ángulos rectos. Tiene poca dureza, i es mui frájil. Su peso esp. 7,2 a 7,78. Al soplete, sobre carbon, se funde poco a poco, trasformándose en plomo metálico, i desarrollando ácido sulfuroso. En el tubo abierto, despide azufre, i da un sublimado blanco de sulfato de plomo. Cuando tiene selénio o arsénico, produce al fin de la calcinacion un sublimado de color lacre, que es selénio en el primer caso, i rejalgar o súlfuro de arsénico en el segundo. Se ataca mui fácilmente por el ácido nítrico aún débil i a la temperatura ordinaria: no se corroe por el ácido muriático débil; pero es atacable completamente por este ácido concentrado e hirviendo, con desarrollo de hidrójeno sulfurado. Mui rara vez se encuentra puro; casi siempre contiene un poco de súlfuro de antimonio, de súlfuro de plata i algunas veces plata metálica. Se halla comunmente acompañado con la pirita comun, la pirita de cobre i sobre todo la blenda.

Su composicion es—plomo 0,8655, azufre 0,1345 } 1,000

En Chile, Perú i Bolivia, son innumerables las vetas de galena. Las de Chile por lo comun pertenecen al terreno estratificado de pórfidos metamórficos de los Andes, i en ellas se halla la galena siempre platosa, asociada con cobre gris, blenda i pirita. Pero tambien hállase galena en las vetas de piritas auríferas de Talca de Barrasa, del Altar, de las minas de oro de Rancagua i Talca, etc., asociada con oro. Las galenas de Chile son por lo comun mas pobres en plata que las del Alto Perú i Bolivia: la mas rica de las chilenas que conozco viene de las minas de Rapel, del departamento de Ovalle, contiene mas de 0,005 de plata i es de hojillas pequeñas lustrosas. Pero este caso es excesivamente raro i las mas veces la galena en Chile da apénas 0,0005 a 0,001 de plata.

A esta especie mineral, la mas importante de la familia de plomo, debo agregar:

I. Galena cobriza.—No es rara en Chile; a veces tan hojosa i con cruceros cúbicos como la galena pura, pero de color negruzco, i poco lustre, como si el cobre sulfúreo estuviera interpuesto entre las hojas; otras veces de hoja mui pequeña, como sacaroídea, brillante, con indicio de puntillas tornasoladas, parecidas al cobre abigarrado; como he tenido la ocasion de observar la galena intercalada entre las fibras de madera en parte silicífera, en parte carbonizada i penetrada de minerales de cobre en la mina llamada Manto de Lilen en Catemo (Aconcagua). Field halló un mineral de grano mui pequeño casi compacto i de color gris de hierro, lustre metálico, en los Algodones, compuesto tambien de súlfuro de plomo i cobre.

En jeneral, las galenas cobrizas llevan en su superficie o entre las hojas materias verdosas cobrizas.

	(1)
Plomo.........	38.52
Cobre..........	53.10
Azufre........	17.34

(1) De los Algodones, por Field.

Galena blendosa.—Hállase en el departamento del Huasco, estancia do Ingahuas, en el camino do Coquimbo a Vallenar, una galena notable por su estructura sacaroídea mui hamojénea, color gris de plomo mas pálido que el de las galenas ordinarias, i poco lustre. Esta galena, que forma grandes papas o riñones en la parte inferior de la veta, consta de

Plomo....	48,6
Zinc......	25,6
Azufre....	19,2
Criadero..	3,1

Es un súlfuro doble de plomo i zinc, en cuyo interior no se puede divisar, ni por medio de un lente, partículas aisladas de blenda i galena.

Galena arsenical.—Por lo comun se distingue por su poco lustre, por su estructura de grano pequeño mezclada de partes algo terrosas, i por el olor de arsénico que despide al soplete. Es por lo comun platosa, pero nunca mui homojénea. La del Hualgayoc, departamento de Trujillos en el Perú, tiene 4,89 por ciento de arsénico i 2 a 5 milésimos de plata. La de la veta de San Simon en San Pedro Nolasco, provincia de Santiago, contiene tambien cantidad notable de arsénico con 0,0034 de plata.

Súlfuros dobles de plomo i de antimonio.—Seis diversas especies de súlfuro doble de plomo i de antimonio se conocen has-

ta ahora, de los cuales el que tiene la composicion mas sencilla, consta de un átomo de súlfuro de antimonio i de un átomo de súlfuro de plomo $PbS+Sb^2 S^3$. Este sulfuro doble se halla en diversas proporciones combinado con el súlfuro simple de plomo, que es PbS: de modo que, nombrando un átomo de este último por *r* i un átomo del anterior, es decir, de súlfuro doble por R, la composicion de las seis citadas especies se podrá espresar con las fórmulas siguientes:

R *Zinkenia.*
3R+ *r* *Plagionia.*
2R+ *r* *Jamesonia.*
R+ *r* *Metal de pluma* (federerz).
R+2*r* *Boulangeria.*
R+4*r* *Geocronia.*

Todos estos minerales se parecen por su color i lustre a la galena: son por lo comun de estructura fibrosa, parecida a la del súlfuro de antimonio, se disuelven mas fácilmente en el ácido muriático concentrado que las galenas puras, i suelen contener una lei considerable de plata.

Las mejor conocidas son:

Jamesonia.—En masas compactas de barritas rectas paralelas i diverjentes que son prismas rombales rectos de 101.20, crucero triple. Color gris de acero. Lustre metálico; raspadura del mismo color. Ps. 5,56.

Zinkenia.—Cristaliza en prismas hexágonos terminadas por pirámides de seis caras, cuyas caras corresponden a las artistas del prisma: estos prismas son agrupamientos de unos prismas rombales rectos como en la aragonia: prismas rayados a lo largo. Color gris de acero; mucho lustre; fractura desigual.

Al soplete (del mismo modo que en la anterior), chisporrotea sobre carbon, se funde i da humo de antimonio. En el tubo abierto da mucho sublimado blanco. D. 3 Ps. 5,3.

Plagionite.—Parecida en todo a la anterior pero sus cristales derivan de un prisma rombal oblícuo; las bases lustrosas, las demas caras rayadas.

Metal plumoso (federerz) filiforme, macizo: gris de plomo oscuro, a veces con colores de íris. Ps. 5,67.

Boulangeria en masas, entre granuda o compacta; gris de plomo azulejo; se funde fácilmente sin chisporrotear.

Estos minerales se han encontrado tambien en varias partes del nuevo continente, en Méjico, Perú, Bolivia i Chile, pero en ninguna localidad segun parece, cristalizados. Es mui fácil equivocarlos con las galenas, de las cuales se distinguen por la cantidad considerable de sublimado blanco que despiden en un tubo abierto. Los mas tienen contestura fibrosa o estriada; pero tambien granuda i hojosa. Del Rio cita el metal plumoso en las minas de las Animas i Soledad, jurisdiccion de San Juan Huetamo; el mineral de Gualgayoco amorfo se parece por su com-

posicion a la Jamesonia; i suele contener hasta 0.0138 de plata.

Estas especies constan, segun Rose, de

	Jamesonia.	Zinkenia.	Plajionite.	Federerz.	Boulangeria.
Plomo	0,407	0,318	0,405	0,469	0,563
Azufre	0,222	0,225	0,215	0,107	0,133
Hierro	0,023	—	—	0,013	
Cobre	0,001	0,004	—	—	—
	0,997	0,991		por Bromeis.	

La jamesonia se ha encontrado en Inglaterra, la zinkenia en las minas de Harz en Alemania, la boulangeria en Francia, etc.

Plomo sulfatado (*anglesite*).—En octaedros rectángulos, que derivan del prisma rombal de 103° 43′. Tambien en masas hojosas, compactas o concrecionadas. Color blanco amarillento, verdoso i agrisado, gris amarillento, de humo i ceniciento. Lustre de diamante. Estructura compacta i a veces de triple crucero paralelo a las caras del prisma. Fractura concoidea pequeña u hojosa. De trasparente o trasluciente. Blando, quebradizo. Ps. 6,30.

Al soplete, chisporrotea, i se funde a la llama esterior en un glóbulo blanco, que al cuajarse se pone blanco de leche. Al fuego de reduccion, se reduce con efervescencia en un glóbulo de plomo. Es inatacable por el ácido nítrico; se disuelve i se descompone en el ácido muriático concentrado e hirviente: se disuelve tambien en los álcalis cáusticos.

Consta, segun Stromeyer, de

Oxido de plomo....	0,7247
Acido sulfurico.....	0,2644.

Se halla acompañado la galena; pero nunca se ha encontrado en abundancia.

Plomo sulfatado cobrizo.—Cristaliza en prismas rectángulos oblicuos i en jemelos. Color azul de ultramar hermoso; lustre de diamante. Estructura hojosa; trasluciente. Ps. 5,30 a 5,43.

Consta, segun Brook, de

Sulfato de plomo....	0,744
Deutóxido de cobre..	0,180
Agua...............	0,047
	0,971

Se halla en Escocia, en Leadhills. Hállase tambien este mineral con frecuencia pero en corta cantidad en las minas de plomo de Copiapó i Coquimbo en pequeñas masas hojosas de dos cruceros i en jemelo poco ágrio. D.3

Plomo selénico.—Zincken ha encontrado en el Harz cuatro

especies minerales distintas, que contienen plomo selénico; todas son escasas en la naturaleza.

(1) Plomo selénico.—Mui parecido a la galena. Al soplete en el matraz, no se funde, i no da sublimado alguno. En el tubo abierto, se sublima una pequeña parte de selenio, se forma ácido selenioso i la prueba se rodea de óxido de plomo. Sobre el carbon, humea i da color azul a la llama; el carbon se cubre de un sublimado de óxido de plomo; mas no se forma plomo metálico, si no se agrega sosa.

(2) Plomo selénico cobaltífero.—Tiene el mismo aspecto que el anterior. Al soplete en el tubo abierto, da un sublimado de selenio, i produce un vidrio azul con los flujos.

Plomo selénico cobrizo.—Hai dos variedades de esta especie:

(3) La primera es amorfa, de un gris de plomo mas claro que el seleniuro de plomo puro, i se toma de amarillo de laton i de violáceo. Lustre metálico; estructura compacta; fractura concoidea e igual: blando, dúctil. Al soplete en el matraz, no da sublimado: en el tubo abierto, da selenio i ácido selénico: con los flujos, reaccion de cobre Ps. 7,00.

(4) La segunda variedad es de un gris mas oscuro que la anterior: en la fractura tira mas a azul, i aun es violada. Al soplete, se funde fácilmente, i se liquida en una masa gris metálica, que despues con bórax da reaccion de cobre.

Segun Kersten, hai todavía una tercera variedad de *plomo selénico cobrizo*, la cual tiene color algo rojizo; i las tres variedades, segun Berzelio, contiene por un átomo de seleniuro de cobre, uno, dos i cuatro de seleniuro de plomo.

El seleniuro de plomo puro de Cachenta, de la provincia de Mendoza, es mui parecido a la galena de hoja menuda; solamente el color del seleniuro tira siempre algo a azul i la estructura muchas veces casi compacta. Pero nada mas fácil que distinguirlo de la galena, por el modo como se porta en un tubo abierto, dando un abundante sublimado rojo de selenio i algo de sublimado blanco de ácido seleniuro que por ser delicuescente desaparece con el tiempo, humedeciéndose al aire. Se halla siempre acompañado i aun íntimamente mezclado con carbonato de plomo, i ocupa la rejion inferior de las vetas en cuyos afloramientos aparecen poliseleuniuros de plata, plomo, cobre, hierro i cobalto una muestra sacada a unas cinco o seis varas de hondura dió al análisis.

Plomo	59.8
Hierro	0.8
Selenio	23.6
Carbonato de plomo	10.9
Acido ferrujinoso	3.5
	98.6

(5) Plomo selénico mercurial.—Es de un gris de plomo, que pasa a gris de hierro; lustre metálico, i a veces colores de arco íris. Estructura hojosa de tres cruceros rectángulos. Peso 7,80 a 7,87. Al soplete en el matraz, da un sublimado cristalino de seleniuro de mercurio; i cuando este seleniuro se halla en proporcion considerable, el mineral humea i hierve, agregando sosa o estaño, se forma un sublimado de mercurio. En un tubo abierto, se sublima el selenito de mercurio en gotas amarillentas parecidas al óxido de teluro.

Todos estos seleniuros son ménos atacables por los ácidos que los súlfuros. El ácido nítrico no corroe al plomo selénico, sino cuando concentrado e hirviendo.

Composicion, segun Rose:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Plomo	0,723	0,639	0,597	0,475	0,558
Cobalto	—	0,032	—	—	—
Cobre	—	—	0,079	0,156	—
Mercurio	—	—	—	—	0,169
Selenio	0,277	0,314	0,298	0,342	0,250
Plata	—	—	—	0,013	—
Hierro	—	0,004	0,007	—	—
Criadero	—	—	0,010	0,020	—

Segun Kersten, existe tambien en la naturaleza el *selenito de plomo*, el que se presenta en masas arriñonadas, de color amarillo de azufre, de lustre de cera i de estructura fibrosa. Se halla acompañado a los seleniuros de plomo cobrizo.

Plomo telural.—Amorfo, color blanco de estaño, mas amarillento que el antimonio nativo; lustre metálico bien claro. Estructura hojosa de tres cruceros cúbicos. D. 3; quebradizo. Peso 8,159.

Al soplete sobre carbon, tiñe la llama de azul; i se funde a la llama esterior en un glóbulo que se volatiliza, dejando un granito de plata rodeado de un sublimado de plomo telural, que es amarillo parduzco. En el tubo abierto, se funde, se cubre de gotas blancas; i produce un sublimado blanco fusible en gotas. Se disuelve, aun a frio, en el ácido nítrico. Consta, segun Rose de

Plomo	0,6035
Plata	0,0128
Teluro	0,3827

Es mui escaso. Solo se ha encontrado en Siberia.

Plomo cloro-fosfatado.—En masas, diseminado, en pegaduras, en riñones, racimos i cristalizado. Su forma cristalina es un prisma hexaedro regular. Color verde yerba, pistacho, amarillo de azufre i pajizo, verde aceituna. A veces un mismo cristal tiene varios colores. Los cristales, por fuera, lisos o rayados al traves, con las bases cóncavas. Estructura granuda de grano grueso i pequeño; fractura desigual, rara vez astillosa, pasando a concoídea o estriada mui angosta: a veces se deja partir confusamente en la doble pirámide hexágona. De poco lustroso a lustroso i resplandeciente. Blando de 4 a 5; poco ágrio, quebradizo. Peso 6,4 a 6,9.

Al soplete, se funde en un grano que cristaliza al enfriarse. Con ácido bórico i hierro, da fósforo i plomo que se pueden separar. Sobre el carbon en la llama interior, no se reduce, i da una perla de color blanco de nácar con largas facetas cristalinas. Se disuelve fácilmente en el ácido nítrico; se descompone por el ácido muriático i por los carbonatos alcalinos. Cuando tiene fluor, i se calienta en un crisol de platina con ácido sulfúrico, emite vapores que corroen el vidrio.

Se halla en los terrenos antiguos, de transicion i algunos segundarios, principalmente en vetas, siempre a poca profundidad e inmediatamente bajo la superficie. Sus compañeros son el hierro ocráceo, la galena el plomo blanco, el espato pesado, etc. Se ha encontrado en las mas minas de plomo del antiguo continente i de las dos Américas.

Se halla muchas veces mezclado con arseniato i a veces con fluoruro de calcio, fosfato de cal, cromato de plomo, i segun Damour, con alumina hidratada.

Composicion, segun Woehler:

Oxido de plomo	74,22
Acido fosfórico	15,73
Cloruro de plomo	10,05

Berthier, ha encontrado en una muestra de fosfato de alumina estalactiforme 10 por ciento de óxido de plomo, que, segun este químico, debe estar al estado de fosfato, combinado o mezclado con la *vavelia*. La muestra provenia de unas antiguas labores de las minas de Rosier, en Francia.

Plomo cloro-arseniatado.—En masas, diseminado i en prismas hexágonos, regulares perfectos, o con las aristas terminales truncadas, a veces en prismas del cuarzo. Color amarillo de limon, de cera, melado, que pasa a rojo; tambien blanco sin color, amarillento i verdoso. Caractéres parecidos a los del cloro-fosfato. Estructuras a veces hojosa paralela a las caras del prisma. Trasluciente u opaco, pocas veces trasparente.

Al soplete sobre carbon, se funde con alguna dificultad, i despues se reduce a glóbulos de plomo con humo i olor de arsénico.

En la llama esterior, se funde fácilmente, i cristaliza al enfriarse.

Consta de

	por Woehler.	por Dufresnoy.
Arseniato de plomo......	82,74	84,55
Fosfato de plomo.........	7,50	4,50
Cloruro de plomo........	9,60	9,05

Se encuentra muchas veces con el anterior: es abundante en la naturaleza, i se halla casi en todas las minas de plomo. La variedad trasparente i sin color, como el cuarzo, llamada *Hedifana*, contiene fosfato i arseniato de cal que reemplazan en parte los de plomo.

El arseniato i el fosfato de plomo se hallan mui a menudo en las vetas de plomo en Chile, pero siempre mezclados, amorfos, en la superficie de la galena o con plomo blanco, i es fácil equivocarlos con el molibdato de plomo amorfo, que tambien se encuentra en los mismos minerales de Chile. Son tambien frecuentes estas especies minerales, amorfas, en los minerales de plomo en el Perú i Bolivia: por lo comun amarillas.

Plomo arsenical (*arseniuro*) Pb. Ar.—Es de color gris de plomo azulado; estructura granuda. Ps. 8,444.

Solo se ha encontrado en Harz. Consta, segun Dumenil, de

Plomo................	0,733
Arsénico.............	0,267

El cromato rojo (plomo rojo) se ha encontrado solo en Siberia. Es de color rojo de jacinto, lustre de diamante: es trasparente o trasluciente; su polvo es de un amarillo de limon, fractura hojosa. Al soplete da el color verde al vidrio de bórax. Con la sosa produce plomo.

El cromato verde se parece por sus propiedades al anterior, con la diferencia de que contiene 10 a 11 por ciento de cobre, i es de color verde.

El vanadiato o plomo pardo ha sido descubierto por del Rio en las minas de Zimapan en Méjico; i segun este sabio, es de color pardo de clavo claro u oscuro, a veces gris amarillento i ceniciento; en masas i en prismas hexágonos, corvos i agrupados paralelamente al eje o de otros modos, por fuera lisos; de lustre entre nácar i diamante. Estructura de grano pequeño i fino, fractura desigual, caras de separacion lustrosas; de trasluciente en los bordes a trasluciente; quebradizo. Al soplete sobre carbon se funde fácilmente con efervescencia, dando olor de ajo, i se reduce a globulitos de lustre metálico: pero no se cuaja en vidrio poliedro como el fosfato: con la sal de fósforo o con el bórax da vidrio verde parecido al de crono.

Consta, segun Wohler, de	óxido de plomo	0,6741
	ácido vanádico	0,2198
	cloruro de plomo	0,1061

Es una de las especies minerales mas escasas en la naturaleza.

Vanadato de plomo i vanadato de plomo i cobre en Chile.—Hállase con abundancia en una veta que tiene mas de una vara de ancho, en la mina llamada Mina Grande, a unas dos leguas de Arqueros (provincia de Coquimbo) un mineral de plomo, que es amorfo, amarillo, en partes de un amarillo subido, a veces verdoso; su contextura es terrosa, en partes compacta, sin lustre; en partes tiene algo de lustre resinoso mui débil. Su carácter mas notable es que en toda su masa se ven pequeñas concavidades mui irregulares, teñidas interiormente de negro o cubiertas de una sustancia parda negruzca; en partes se ven masas concrecionadas globuliformes. Al soplete se funde con facilidad, hierve, produce una escoria metálica gris, algo hinchada, i dá a la llama color verde; sobre carbon, con adicion de carbonato de sosa se logra obtener plomo mui maleable; sobre un hilo de platina, con sal de fósforo, dá una perla tasparente que toma color verde en la llama interior, i pardo amarillento en la llama oxidante. Mui soluble en el ácido nítrico.

La masa de este mineral tiene en partes 5 decímetros de grueso i toma mucha estension a lo largo de la veta: es por consiguiente uno de los minerales de plomo que se hallan con mayor abundancia en Chile, pero hasta ahora no se ha encontrado este mineral en ninguna otra localidad mas que en la Mina Grande. La composicion de la masa de este mineral, término medio es la siguiente:

Cloruro de plomo	0.0905
Oxido de plomo	0.5831
de cobre	0.0092
Acido arsénico	0.1155
fosfórico	0.0513
vanádico	0.0186
Cal, alumina, arcilla	0.1106
Pérdida (agua)	0.0112
	0.9900

Se halla acompañado por el vanadato doble de plomo i de cobre (p. 116) como tambien por el carbonato de plomo, carbonato de cobre i galena.

El Molibdato o *plomo amarillo* es de color amarillo de cera, de limon, anaranjado, melado i pardo cetrino; cristaliza en octaedros de base cuadrada o en tablas cuadradas u octágonas, con biselamientos en los bordes. Las caras son lustrosas, lustre de diamante. Estructura hojosa, o bien compacta, a veces de grano mui fino; de semi trasparente a traslucientc. Al soplete chispor-

rotea; sobre carbon se reduce a un glóbulo metálico, que es aleacion de plomo i molibdena. Es soluble en el ácido nítrico; se descompone con el ácido muriático, sulfúrico i por los carbonatos alcalinos.

Consta, segun Claproth i Hatchett, de

Oxido de plomo..........	0,6441
Acido molibdíco..........	0,3425

Se halla en vetas con metales de plomo i de plata.—en Méjico, en Zimapan, en bellas tablas del mas hermoso naranjado, embutidas en arcilla con plomo gris i arseniato de plomo; en Chile, en octeadros naranjados i en tablas casi trasparentes de amarillo de limon, en las minas de plata de Chapilca (departamento de Elqui) en las de Tres Puntas, de Cabeza de Vaca, de Caracoles i muchas otras.

§ II.—MINERALES (METALES) DE PLOMO.

Los *minerales*, o como dicen los mineros del país, *metales* de plomo, son unas mezclas de las citadas especies minerales; i con respecto al método que requieren para su beneficio, se dividen comunmente en dos clases, que son: *Clasificacion.*

(1) *Minerales oxijenados*, que constan principalmente de carbonato de plomo, mezclado con clorofosfatos i cloroarseniatos de plomo, con el molibdato i a veces con el sulfato;

(2) *Minerales sulfurados* o galena mezclada las mas veces con blenda, cobre gris i pirita.

Aunque en Chile hasta ahora pocos injenios tenemos para el beneficio de estos minerales por plomo, por causa del poco consumo de este metal, de su bajo precio i de la poca lei de plata que se encuentra en ellos, sin embargo, los mineros chilenos saben mui bien distinguir aquellas dos clases de minerales, i las llaman en términos vulgares:

(1) metales de color.

(2) metales de soroche de plomo de bala.

Los primeros se benefician con la mayor facilidad en hornos de manga; los demas necesitan una tuesta prévia en hornos de reverbero: unos i otros tienen por su mayor enemigo en la fundicion la *blenda* (súlfuro de zinc) i la calamina (carbonato de zinc, que acompañan comunmente todo mineral de plomo, i obstruyen las chimeneas, u orijinan escorias difíciles de fundir. Se advierte que, del mismo modo que en los minerales análogos de cobre, en éstos tambien se encuentran mui rara vez o casi nunca minerales oxijenados sin alguna mezcla de galena; i pocas veces hai *metales de soroche* sin mezcla de carbonato o sulfato de plomo.

Todos en jeneral tienen mas o ménos plata i frecuentemente oro; i bajo este respecto se hablará de ellos en el capítulo siguiente tratando de los minerales de plata i de oro plomizos. *Lei de plata.*

Criadero. El criadero o la matriz de los minerales de plomo en Chile consta en gran parte de espato calizo i espato perlado (es decir de carbonato de cal, de magnesia, de hierro i de manganesa); muchas veces tambien contiene sulfato de barita. Los demas elementos son como en los criaderos de cobre, el cuarzo, la serpentina i varias especies de arcillas, sobre todo una arcilla blanca, suave al tacto. Casi nunca se hallan con plomo, el asbesto i el anfíbola que son tan comunes en los criaderos de cobre; i cuando este último metal se halla mezclado con los minerales de plomo, es casi siempre al estado de carbonato azul en los *metales de color*, o bien al estado de cobre gris en los de *soroche*.

Es de observar que, miéntras en el antiguo continente la especie mineral, que acompaña casi todos los minerales de plomo, es fluspato o floururo de calcio, esta sustancia no se halla en ninguna mina de plomo en Chile; ni tampoco se ha encontrado en alguna de las infinitas minas de otros metales en este país.

Lecho. El *lecho* o yacimiento (gissement) de los minerales de plomo en Chile pertenece casi esclusivamente a los terrenos segundarios estratificados: las vetas de plomo son innumerables, i se hallan comunmente a unas 20 o 30 leguas de la costa, en los pórfidos *abigarrados*, a una altura que pasa las mas veces de 800 o 1,000 varas encima del nivel del mar. Estas vetas se hallan muchas veces en los mismos cerros que las de cobre gris o de cobre sulfurado platoso, como por ejemplo, en San Pedro Nolasco, Catemo, Rapel, los Porotos, etc. Esas mismas vetas, que en la parte superior producen cobre gris o cobre sulfúreo, no dan por lo comun en hondura mas que galena mezclada con blenda i pirita. Pero a mas de estas vetas, que forman como una cadena de minas de plomo en todo el alto del cordon de los Andes, aparecen tambien los minerales de plomo oxijenados i las galenas en algunas minas de oro, en los terrenos graníticos no estratificados, como en las de Talca, de Rancagua i de la hacienda de Cocalan en las provincias del sur de Chile; i en este caso, los minerales de plomo son casi siempre auríferos.

§ III.—PRODUCTO DE LAS ARTES.

Los productos mas importantes son:

El plomo en barra,

Los relaves de plomo o la parte mas rica del mineral, separada por el lavado (schlich),

Los ejes,

Los minerales i ejes calcinados,

Las escorias de hornos de reverbero,

Las escorias de hornos de manga,

El litarjirio negro i los litarjirios ordinarios,

Los fondos (asientos) o pedazos de las copelas en que se ha copelado en grande,

Los *hollines* o sustancias que se pegan en las chimeneas de los hornos,

El minio,

La cerusa o carbonato de plomo (albayalde),

El sulfato,

Los acetatos,

Los cromatos,

El cristal o vidrios de plomo.

El plomo que proviene de la fundicion inmediata de los minerales, se somete a la copelacion en grande, cuando contiene bastante plata: del litarjirio que se forma en esta operacion, i se vuelve a reducir despues en una fundicion por separado, resulta la mayor parte del plomo del comercio.—El plomo dúctil es casi puro; pero rara vez se halla sin contener un poco de cobre o plata. El plomo quebradizo contiene antimonio, i a veces arsénico o azufre.

Los ejes son unos súlfuros multíplices reducidos al menor grado de sulfuracion, combinados con la galena, a veces con arsenio-súlfuros.

La galena i los ejes calcinados con el contacto del aire, constan de óxido i de sulfato de plomo, mezclados o combinados con algunos óxidos o súlfuros. La proporcion de sulfato es tanto menor cuanto mas súlfuros de hierro i de zinc contiene el mineral, i cuanto mas se ha elevado la temperatura para calcinar. La sílice tambien contribuye a disminuir la proporcion de sulfato.

Las escorias son unos silicatos de plomo, de hierro, de zinc, de manganesa, etc., i provienen de la accion del cuarzo contenido en el criadero, sobre el sulfato de plomo, el sulfato de barita i varias bases enérjicas a la temperatura de fundicion: a veces contienen tambien sulfatos, que se hallan sobre todo en proporcion considerable en las escorias, cuando se funden minerales que contienen mucho sulfato de barita con el fluoruro de calcio.

Los litarjirios.—Varias especies de litarjirio se producen en la copelacion en grande. Los primeros que se forman, i sobrenadan en el baño, no son otra cosa mas que unos ejes que adhieren a las barras de plomo; en los segundos que se llaman *litarjirios negros*, se reconcentran todos los metales mui oxidables, i sobre todo el antimonio i el arsénico: al fin, los últimos constan de óxido puro o casi puro con una pequeña cantidad de plata, a veces con óxido de cobre.

Los fondos de las copelas.—Las copelas que se emplean en la copelacion en grande, se hacen de cenizas de huesos, o de margas mui calizas. La parte de la copela que es atravesada por el litarjirio, se llama fondo de copela; i es una mezcla de litarjirios i de la misma materia que sirve para hacer las copelas, la cual no ejerce ninguna accion sobre los litarjirios.

Los hollines que se pegan en las chimeneas de los hornos, constan de óxido de plomo, de sulfato de plomo, de ácidos de arsénico, de antimonio i de óxido de zinc, etc.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

§ I.—CLASIFICACION.

Se dividirán en tres clases las sustancias que tienen plomo.

1.ª Se comprenderán en la primera clase todas las sustancias que no contienen azufre, ni selénio, ni arsénico, o no contienen estos cuerpos sino en pequeña cantidad. Tales son 1.° el litarjirio; 2.° el minio; 3.° los primeros litarjirios antimoniales; 4.° los fondos de copela; 5.° los humos u hollines de plomo que no contienen sulfato; 6.° el carbonato nativo i la cerusa; 7.° el oxicloruro; 8.° el cloro de carbonato; 9.° el cloro-fosfato; 10.° las escorias, que constan de silicatos; 11.° el cristal; 12.° el aluminato. los cromatos, que no contienen sulfato de plomo, el tunstato i el molibdato.

2.ª Se colocan en la segunda clase los súlfuros, es decir, la galena pura o antimonial, los ejes i los seleniuros.

3.ª En fin la 3.ª clase comprende todos los minerales de plomo, que contienen ácido sulfúrico, ácido selenioso, ácido selénico, ácidos arsenioso i arsénico.—Estos son: 1.° el sulfato nativo i artificial; 2.° los sulfato-carbonatos; 3.° la galena i los ejes calcinados; 4.° los humos de plomo, que contienen sulfato de plomo; 5.° las escorias que contienen sulfato; 6.° los seleniuros calcinados, etc.

Siendo el plomo volátil de un modo mui sensible, es necesario no emplear en sus ensayes temperatura mui elevada, cuando se quiere determinar la cantidad de este metal por la *via seca.* En jeneral, se hacen los ensayes de plomo en los hornos de calcinacion sin chimenea; i éstos se cubren con un tubo de aspiracion capaz de producir una temperatura de 50 a 60° p. Cuando estos hornos son bastante grandes, se pueden hacer tres o cuatro ensayes a un mismo tiempo: sin embargo, es mejor emplear hornos mas pequeños, i no hacer ensayes sino uno a uno. Las muflas de los grandes hornos de copelacion son tambien mui cómodas para hacer ensayes de plomo, sobre todo, cuando se necesita hacer muchos ensayes, porque se puede ejecutar gran número de ellos a un tiempo sin ningun inconveniente; pero estos hornos no se emplean sino para ensayar ciertos minerales, i siguiendo ciertos métodos que se van a describir mas adelante. En algunos casos es preciso elevar la temperatura hasta la de los ensayes de hierro, aun con riesgo de volatilizar una parte de plomo.

§ II.—MATERIAS DE LA 1.ª CLASE.

Es mui sencillo i facil de ejecutar el ensaye de las sustancias de la 1.ª clase. La operacion se reduce a fundir la materia con una mezcla de reductivo i de flujo alcalino, es decir, con flujo

negro o sus equivalentes. El reductivo quita el oxijeno a las materias oxidadas, i cuando las sustancias que se ensayan, contienen cloruro de plomo, se reduce por él una parte de álcali cuyo metal se apropia del cloro; i el plomo se separa. A mas de esto, se necesita en uno i otro caso añadir flujo alcalino, para que el plomo reducido pueda separarse de todas las sustancias estrañas que se encuentran en el mineral, i unirse en una sola esferilla. Las mas veces el flujo alcalino obra en estas sustancias combinándose, i formando con ellas compuestos fusibles: es lo que sucede con la sílice, los silicatos, etc.; pero otras veces la accion del álcali se limita a mantener estas sustancias en suspension, i a formar con ellas una pasta líquida que las partículas de plomo atraviesan sin dificultad, para unirse en el fondo del crisol; así la cal, la magnesia, el fosfato de cal, el óxido de cromo no mezclado con sílice, el hierro metálico mui dividido quedan simplemente como suspendidos en medio del flujo negro fundido. Sin embargo, cuando las sustancias que se ensayan, no son de naturaleza que puedan combinarse con el flujo negro, es siempre conveniente añadir a este ½ a 1 parte de bórax vitrificado (por cada parte de la sustancia): en este caso las escorias adquieren siempre una liquidez suficiente.

Como los óxidos no contienen sino una pequeña proporcion de oxijeno, no se necesita mas que una corta cantidad de carbon para reducirlos: la cantidad de este combustible contenido en 2 partes de flujo negro ordinario, es mas que suficiente para esto: la esperiencia por otra parte ha probado que, empleándose esta proporcion de flujo negro, es raro que las escorias no tengan una fluidez conveniente. Sin embargo, en algunos casos se necesita mayor cantidad de flujo; i en otros mayor cantidad de carbon que la que contienen 2 p. de flujo negro. Cuando es preciso aumentar la cantidad de flujo, por ejemplo, cuando se ensayan materias pobres mezcladas con muchas materias calizas, entónces, en lugar de emplear mas flujo negro, es mejor añadir a las 2 partes de flujo 1 a 2 partes de carbonato de sosa, o, mejor todavía, bórax. Cuando el óxido o el cloruro de plomo se hallan mezclados con un óxido que contiene mucho oxíjeno i se reduce este óxido a una temperatura mui baja, pasando al menor grado de oxidacion, es evidente que en tal caso se ha de consumir en el ensaye mucho reductivo; i por consiguiente es preciso emplear mas carbon que de costumbre, porque de otro modo podria quedar plomo en las escorias. Es lo que sucederia, si se fundiese con solo 2 partes de flujo negro un mineral que contuviese mucho óxido de manganesa, de peróxido de hierro, de óxido de zinc, de ácido crómico, etc. La adicion de 3 a 4 partes de flujo negro ordinario es suficiente aun para el caso en que se necesite la mayor proporcion de reductivo; pero como siempre es mui incómodo emplear mucho flujo alcalino, porque en este caso se necesitan crisoles mui grandes, que se calientan mucho mas difícilmente que los pequeños, es mejor sustituir a las 2 partes de flujo ordinario, 2 de un flujo negro mas rico en carbon, o de otro flujo equivalente.

Operacion. El ensaye se ejecuta del modo siguiente: se toman 10 gramos (200 granos) de la materia reducida a polvo; se mezclan íntimamente con una proporcion conveniente de flujo; i se introduce la mezcla en un crisol de arcilla bastante grande para que no se llene sino hasta las ⅓ partes, poco mas o ménos. Por encima de esta mezcla se pone una capa del grueso de un dedo, de flujo negro, de carbonato de sosa o de sal comun: se coloca el crisol sobre un apoyo de arcilla en el horno, i se calienta gradualmente. Se puede cubrir el crisol con una tapa, o con unos dos o tres grandes pedazos de carbon, colocados transversalmente. Luego que la materia se ablanda, principia a hervir, se hincha; i si no se tiene cuidado de templar el fuego, puede subir hasta los bordes del crisol, i pasar por encima de ellos: en este momento, sobre todo, cuando la efervescencia se hace demasiado viva, es necesario destapar el crisol, i tenerlo abierto. Al cabo de cierto tiempo, la efervescencia disminuye, porque reducido el óxido, cesan de exhalarse los gases; i se puede aumentar el fuego para liquidar completamente las escorias. Para esto, se vuelve a cubrir el crisol con carbon, se coloca el tubo de aspiracion en el horno, i se calienta mas o ménos durante 10 minutos; al cabo de este tiempo se destapa el crisol, i se ve por el aspecto de la materia si la fusion ha sido completa, o si se debe calentar de nuevo. Concluido el ensaye se saca el crisol, se le golpea lijeramente para reunir todo el plomo en una sola esferilla, i se lo deja enfriar. Cuando la materia se ha fundido bien, la escoria presenta una superficie cónica cóncava, por la disminucion de volúmen i la adherencia a las paredes del crisol. Quebrando el crisol, se encuentra en el fondo una esferilla de plomo, que se separa fácilmente de las escorias, pero que se pega siempre fuertemente al crisol. Se limpia este plomo achatándolo sobre un yunque con un martillo, se lava, se seca i se pesa. Cuando el ensaye ha sido bien hecho, la escoria no contiene granallas: sin embargo, importa siempre examinarla con cuidado. Si hubiese algunas granallas, se pudiera recojerlas desleyendo la materia en el agua, i lavando en seguida por decantacion. Sucede algunas veces que se ven en las paredes del crisol encima de la materia fundida, granallitas de plomo o manchas amarillas de litarjirio: esto proviene de la gran efervescencia que se habia producido desde el principio de la operacion. Para evitar este inconveniente, se cubre, como hemos dicho, la mezcla del ensaye con una capa de flujo puro, el cual sirve para lavar las paredes en el momento de la efervescencia; i cuando apesar de esto quedan algunas granallas en la pared, es preciso hacer de nuevo el ensaye.

Metales aleados. No es siempre puro el plomo que se obtiene en los ensayes. Así, cuando las materias que se ensayan, contienen cobre, plata, estaño, antimonio, estos metales se encuentran en totalidad con el plomo: cuando contienen sinc, i se calienta durante un tiempo suficiente, no queda cantidad notable de este metal en el plomo: al contrario, volatilizándose el zinc arrastra consigo una cierta cantidad de plomo.

El óxido de hierro contenido en las sustancias que se ensayan, se reduce durante la fusion; pero el hierro queda diseminado i como suspendido en las escorias, sin que el plomo contenga algun indicio de este metal; con tal que no se haya calentado demasiado. Si la fusion se verifica a una temperatura mui elevada, se obtiene plomo mezclado con pequeñas granallas de *hierro colado*, pero nunca una verdadera aleacion. *Hierro.*

El cobalto i el níquel pueden tambien hallarse íntimamente mezclados con plomo en la proporcion de 0,04 a 0,05 sin formar aleaciones. *Cobalto, níquel.*

Los óxidos de manganesa se trasforman en protóxido que no se reduce, i queda mezclado con el flujo. *Manganesa.*

Las escorias que provienen de los ensayes de plomo, retienen siempre cierta cantidad de este metal; pero esa cantidad es mui corta, porque las materias que no contienen mas que 0,08 a 0,09 de plomo, dan todavía 0,06 de metal en el ensaye. Se puede pues, reconocer la existencia del plomo por medio del flujo negro ordinario. *Pérdida de plomo.*

Añadiré algunas reglas que Rivot recomienda para casos particulares.

Minerales oxidados ricos en plomo: 10 a 15 gr. de mineral se mezclan con 3 partes de carbonato de sosa, si el criadero es arcilloso i con 2 partes de este carbonato i una parte de bórax si es de carbonato de cal; se añade 1 a 2 gramos de carbon de leña bien molido; por encima una capa de carbonato de cal. Importa mucho que se pueda calentar a voluntad la parte superior del crisol mas que la parte inferior; i para esto se llena el hornillo con carbon frio hasta el borde del crisol i se pone por encima carbon encendido. Durante la fusion se debe revolver continuamente las materias con una hoja de hierro. En seguida se eleva un poco la temperatura por algunos minutos, se saca la hoja de hierro, se quita una parte de carbon para que el ensayo se enfrie lentamente i no se saca el crisol sino cuando las materias se hallan en parte solidificadas.

O bien, cuando las materias estén completamente fundidas i se calme la efervescencia, se vierte todo lo mas fundido en un molde de hierro de pared gruesa i cuya forma interior es de un cono trastornado.

La hoja de hierro debe servir solamente para ajitar las materias i facilitar el desarrollo de ácido carbónico, sin producir accion alguna química.

Rivot advierte que el flujo negro del comercio contiene algo de sulfato i que por esto prefiere hacer uso de carbon.

Minerales que contienen calamina.—Supóngase que contengan 10 a 15 por ciento de calamina. Se hace mezcla íntima de 15 gr. de mineral con 3 gr. de carbon, i 40 a 50 gr. de carbonato de sosa i 10 gr. de bóra. La operacion se efectúa como en el caso anterior; el zinc se volatiliza i ocasiona pérdidas de plata si el mineral es platoso: no se debe emplear flujo negro.

Minerales mui pobres.—Escorias.—Se hace una mezcla inti-

ma de 100 gr. de escoria con 50 de flujo negro, o bien, con 30 gr. de carbonato de sosa i 2 gr. de carbon de leña. Se procura mantener esta mezcla en el horno por 10 minutos mas o ménos a la temperatura de color rojo sombrío, i en seguida se eleva el fuego al color rojo claro, ajitando de tiempo en tiempo la materia con una hoja de hierro, para calmar la efervescencia. Efectuándose la fundicion, i disminuido el desarrollo del gas, se saca el ajitador de hierro i se deja que se enfrie lentamente el crisol. El peso del plomo producido corresponde aproximativamente a la lei de la escoria.

Conviene repetir el ensaye: la pérdida en plomo es tanto mayor cuanto mas pobre sea la escoria. La escoria que contiene 8 a 10 por ciento de plomo no da al ensaye por lo comun que 2 a 4 por ciento de este metal. (Rivot, t. 2, páj. 823.)

§ III.—MATERIAS DE LA 2.ª CLASE.

Las materias de esta clase son unos súlfuros, seleniuros, subsúlfuros i subseleniuros, simples o múltiples, mezclados o no con las sustancias térreas.

Pérdida en el ensaye. Comencemos por observar que no es posible determinar rigorosamente por la *via seca,* la proporcion de plomo contenido en una materia sulfurosa. Se sabe por la práctica que valiéndose aun de los mejores métodos el ensayador pierde todavía 0.06 a 0,12 de plomo por la volatilizacion del súlfuro i que los métodos antiguos que se practican todavía en algunos injenios hacen perder hasta 0,15 i 0,20 de este metal. Esto hace ver que, para determinar la cantidad de plomo en una sustancia con toda exactitud posible, es indispensable recurrir al análisis por la via húmeda, i que los ensayes por la via seca solo pueden indicar cuanto de plomo, poco mas o ménos, se puede sacar de un mineral en una operacion en grande.

Para ensayar las sustancias que contienen plomo i azufre, se puede fundirlas:

1.° Con flujo negro despues de calcinarlas;
2.° Sin calcinarlas, con carbonato de sosa, o flujo negro, o crémor tártaro;
3.° Con hierro metálico;
4.° Con carbonato de sosa o flujo negro i hierro;
5.° Con flujo negro i óxido de hierro u óxido de zinc;
6.° Con flujo negro i protosúlfuro de hierro o súlfuro de zinc;
7.° En fin, con una mezcla de carbonato de sosa i salitre.

1.ª *Calcinacion i flujo negro.*—Este método es el mas antiguo, i durante mucho tiempo ha sido practicado casi esclusivamente; es sin embargo el mas largo, el mas incómodo i el mas inexacto de todos los que se conocen hasta ahora. Consiste en calcinar el mineral a una temperatura moderada i en fundir el resíduo con dos veces su peso de flujo negro: de este modo no se obtiene mas que 0,66 a 0,69 de plomo, de un súlfuro de plomo, cuando este está perfectamente puro.

2.° *Fundicion con un flujo alcalino sin calcinacion.*—El método de la calcinacion se ha abandonado; i ahora el ensaye de los minerales de plomo sulfurados se hace fundiéndolos inmediatamente con 4 partes de su peso de carbonato de potasa o de sosa. La operacion se hace ordinariamente en una cápsula o una tacita chata que se llama escorificatoria, en un horno de mufla; pero se puede ejecutar igualmente en un crisol, en un horno de calcinacion, teniendo el cuidado de dejar el crisol descubierto. Se calienta lenta i gradualmente, hasta que la materia esté perfectamente líquida; se sacan despues los crisoles o las *escorificatorias*, i se quiebran para sacar las esferillas. Cuando el ensaye se hace con mucho cuidado, la galena pura produce por este método 0,75 i aun hasta 0,80 de plomo. En los injenios de Hartz (en Alemania) se admite que en todos los ensayes hai una pérdida de una décima parte de plomo. *Proporcion.* *Operacion.*

En vez del carbonato alcalino se puede emplear el flujo negro o el crémor tártaro igualmente en la proporcion de 4 partes; i el resultado es el mismo. Se hace entónces el ensaye en crisoles, porque no se necesita el contacto del aire: la desulfuracion se produce por el contacto simultáneo del carbon sobre el oxíjeno del álcali, i del metal alcalino sobre el azufre. Con el crémor tártaro la operacion es larga, porque la materia queda pastosa, hasta que la mayor parte del ácido tártrico se haya descompuesto; pero se obtiene tambien mucho mas producto. *Flujo reductivo.*

3.° *Fundicion con hierro metálico.*—Es mui fácil i cómodo este procedimiento: tiene siempre buen éxito; i no exije ninguna precaucion incómoda: la materia se funde sin efervescencia; i como, por otra parte, ocupa poco espacio, se puede hacer el ensaye en crisoles mui pequeños, o bien operar sobre una grande cantidad de mineral. Pero, no se puede emplear este método, sino para ensayar los súlfuros puros, o que no contienen mas que algunas centésimas de materias térreas o pedregosas.

Cuando se calienta la galena con el hierro, este metal se trasustancia en protosúlfuro. Se sigue de esto que, para desazufrar 1 átomo de galena (2991), se necesita rigorosamente 1 átomo de hierro (678), o 22,6 por 100; pero la esperiencia prueba que es mejor emplear un poco mas, i que se puede sin ningun inconveniente elevar esta proporcion hasta 30 por ciento. El hierro debe estar en limadura mui limpia o en hilitos cortados. Se pone la mezcla en un crisol que esté lleno a lo mas hasta las tres cuartas partes do capacidad interior; se cubre todo con una lijera capa de sal comun o de carbonato de sosa, o de flujo negro, se tapa el crisol, se junta la tapa con el crisol por medio de arcilla, i se da al fin un fuego mui activo. Cuando el crisol está frio, se quiebra; i se encuentra en su fondo un boton metálico, el que a primera vista parece homojéneo, pero que se divide en dos partes distintas con el martillo: la parte inferior es de plomo bien dúctil, i la parte superior consta de un eje mui quebradizo, de color de bronce oscuro i un poco magnético. Se separa este eje del boton pegándole un golpe con el martillo, i cuando este boton está bien *Proporcion de hierro.* *Operacion.*

limpio, se pesa. Es tambien bueno pulverizar el eje, i pasar el polvo por un tamiz de seda, para estraer los globulitos de plomo que retiene algunas veces.

Producto. La galena casi pura produce por este método 0,72 a 0,79 de plomo. La pérdida que es considerable, es ocasionada enteramente por la volatilizacion. Cuando la galena contiene antimonio, i está mezclada con pirita, se necesita una proporcion mas considerable de hierro; pero, si al mismo tiempo hai blenda, ésta no se reduce por el hierro, sino a una temperatura mui elevada, i por consiguiente pasa al eje disminuyendo su fusibilidad.

4.° *Fundicion con carbonato de sosa o flujo negro i hierro metálico.*—Hemos visto que, cuando se calienta la galena con un flujo alcalino sin contacto del aire, las escorias retienen un súlfuro doble de plomo i de metal alcalino: si en esta escoria, miéntras esté fundida, se introduce hierro metálico, el plomo se separa por el hierro, i queda en la escoria un súlfuro doble de hierro i de metal alcalino. Se ve, pues, que se pueden ensayar todas las materias sulfurosas con toda la exactitud que este jénero de ensayes permite, fundiéndolas con una mezcla de flujo alcalino i hierro metálico. Se puede emplear por flujo alcalino sea el flujo negro, sea el carbonato de sosa; i se lo emplea en proporcion tanto mayor cuanto mayor es la cantidad de sustancias térreas en la materia que se ensaya. El hierro no sirve mas que para separar el plomo del súlfuro que se ha disuelto en el álcali; i por consiguiente se emplea en cantidad menor que si se emplease solo, sin álcali. La esperiencia ha enseñado que se obtiene el *máximo* del producto, ensayando la galena pura con

2 p. de flujo negro o carbonato de sosa i 0,10 a 0,12 de hierro;
1 p. — — — — — — — — 0,20
0,50 p. — — — — — — — 0,25 a 0,30

Cuando se emplea flujo negro con limadura de hierro, habria inconveniente en agregar una cantidad demasiado grande de este último, sobre todo, si se hiciese el ensaye a una temperatura elevada, porque en este caso el plomo estaria mezclado con hierro; pero, empleando por flujo, carbonato de sosa, o bien cualquiera que sea el flujo, si se emplea el hierro en forma de unos pequeños clavos i no en limadura, no resulta ningun inconveniente del exceso de este metal; ántes bien se asegura por él la *desulfuracion* completa del plomo. La razon de esto es la siguiente: cuando cierta porcion de limadura de hierro que no esté sulfurada por las materias que se ensayan, se halla mezclada con carbonato de sosa, el ácido carbónico del álcali sirve para oxidar el hierro; i si la cantidad de este último no es demasiado grande, todo su óxido queda combinado o retenido en la escoria sin mezclarse con el plomo. Si en lugar del carbonato de sosa se emplea flujo negro, esta oxidacion no se verifica, por causa del carbon que se halla en el flujo; i puede suceder que una parte

de limadura, atravesando el flujo, i no encontrando bastante azufre para trasformarse al estado de súlfuro, pase al fondo, i se mezcle con granallas de plomo; pero, si aun en este caso, en lugar de la limadura se hace uso del hierro en forma de unos clavitos pequeños, éstos se corroen superficialmente por el súlfuro de plomo, sin cambiar de forma ni ablandarse, i al fin del ensaye, se hallan embutidos en la superficie del plomo, de tal modo que se pueden separar con la mayor facilidad, dejando el plomo sin ninguna mezcla de hierro.

Hai todavia otro modo de hacer estos ensayes, sin que el hierro quede mezclado con el plomo. Este modo consiste en hacer una mezcla de la materia que se quiere ensayar, con flujo negro o con carbonato de sosa, i en fundir esta mezcla en un crisol de hierro batido, o de hierro colado, del mismo tamaño i forma que los crisoles ordinarios de arcilla. Se aplica mui bien este método, sobre todo, para ensayar las galenas ricas en plata, o bien para descomponer los seleniuros de plomo nativo, teniendo presente que, en este último caso, todo el selenio queda en las escorias combinado con hierro o con álcali. Se hace calentar gradualmente la mezcla; i luego que esté fundida, se vácia el crisol en un molde o en una cuchara de hierro: despues se separa la esferilla de plomo de las escorias; i se examinan estas últimas para saber si tienen granalla. Se puede hacer sucesivamente gran número de ensayes en un mismo crisol, sin dejarlo enfriarse; pero al cabo de algunas operaciones, se forman en el interior unas escamas de hierro, que se mezclan con el flujo, i pueden disminuir la fluidez de las escorias. Para remediar esto, se puede sumerjir el crisol vacio i bien caliente en el agua; i se separa despues esta escama, golpeando el crisol con un martillo, i refregándolo con arena: cuando a pesar de ésto, quedan todavia en el interior algunas manchas de óxido, es bueno echar en el crisol un poco de ácido muriático; i despues de haberlo calentado por algun rato, se sumerje todo en el agua. Este modo de ensayar en los crisoles de hierro, es el que da mayor porporcion de plomo; i conviene, sobre todo, para las materias, que contienen súlfuro de plomo rico en plata, mezclado con pocas sustancias pedregosas.

5.° *Fundicion con flujo negro o carbonato de sosa i óxido de hierro u óxido de zinc.*—Siendo los óxidos de hierro i de zinc, mui fáciles de reducirse por el carbon, resulta que una mezcla de estos óxidos i de flujo negro, equivale a una mezcla de hierro o de zinc metálico i de carbonato de potasa. Así fundiendo

IO gr. de galena pura con { 10 a 20 carbonato de sosa, 3 de óxido de hierro, 0,5 de carbon,
o bien con { 10 gr. de flujo negro, 3 de óxido de zinc,

se obtiene en el primer caso 7 gr., 6 de plomo
i en el segundo 7.8.

Se puede tambien emplear estos óxidos solo con carbonato de sosa sin carbon.

6.° *Fundicion con flujo negro i protosúlfuro de hierro o súlfuro de zinc.*—El súlfuro de hierro i el súlfuro de zinc se descomponen en partes por los carbonatos alcalinos, de modo que una parte de hierro o de zinc pasa al estado metálico, i se forman compuestos de súlfuro alcalino con súlfuros de hierro o de zinc. La parte metálica pudiera oxidarse por el ácido carbónico, si no hubiese carbon; pero en todo caso obra sobre el súlfuro de plomo, se apodera de su azufre; i separa el plomo al estado metálico. Así fundiendo

10. gr. de galena con
10 de flujo negro,
5 de protosúlfuro de hierro artificial,

se obtiene 7 gr. 7 a 7,8 de plomo; i todo se funde sin efervescencia. Se obtiene la misma proporcion de plomo sustituyendo la blenda al súlfuro de hierro: solo se debe en este caso emplear dos veces mas flujo negro que en el primero, para que las escorias sean bantante líquidas, i no retengan granalla de plomo. Esto nos hace ver que seria superfluo emplear hierro en los ensayes de los ejes, que se forman en las fundiciones, i contienen mucho súlfuro de hierro i de zinc; i que fundiendo estos ejes solo con 1 a 2 parte de flujo negro, se puede estraer casi la totalidad del plomo que contienen. Se ve tambien que, para ensayar una galena mezclada con blenda, basta fundirla con 2 partes de flujo negro sin adicion de hierro. El mismo método no seria bueno para la galena mezclada con mucha pirita, porque esta última formaria con los álcalis mucho súlfuro alcalino que no solo se combinaria con gran cantidad de súlfuro de hierro transformándolo en protosúlfuro, sino tambien retendria mucho súlfuro de plomo. Por esta razon, fundidos 10 gr. de galena con 10 gr. de flujo negro i 5 de pirita, dan solo 3 gr. 8 de plomo. Para evitar la pérdida del plomo, seria preciso agregar hierro metálico, cuya proporcion ha de variar segun la de la pirita.

7.° *Fundicion con una mezcla de carbonato de sosa i de salitre.*—Fundiendo el súlfuro de plomo con nitrato de potasa, se sabe que todo el azufre se trasustancia en ácido sulfúrico ántes que principie a oxidarse el plomo: por consiguiente, si se emplea una cantidad conveniente de salitre, se puede quitar todo el azufre al plomo, i separar este metal al estado puro. Se añade en este caso a lo menos 2 partes de carbonato de sosa para templar la accion demasiado viva del salitre sobre el súlfuro; i por otra parte la esperiencia enseña, que, para estraer la mayor proporcion posible de plomo de una galena, es preciso emplear 0.30 a 0.40 de salitre.

Proporcion de flujo.

No conviene este modo de ensayar cuando se intenta determinar la cantidad de plomo, porque varian mucho los resultados; pero, al contrario, este proceder es excelente para ensayar los súlfuros de plomo, cuando se tiene por objeto estraer toda la

plata contenida en el mineral. La fundicion se efectúa fácilmente, sin efervescencia; las escorias son mui líquidas i no mezcladas con granallas. Importa mucho no dejar en la escoria súlfuro de plomo no descompuesto, porque en este caso quedaria con este súlfuro una cantidad notable de súlfuro de plata; para evitar este inconveniente, es menester añadir un exceso de salitre; i entónces, aunque la cantidad de plomo que se obtiene, sea menor, toda la plata se reconcentra en el plomo.

Galena antimonial.—De la galena antimonial se puede estraer, a voluntad, plomo casi puro, o plomo con la mayor parte de antimonio. Para estraer plomo casi puro, es preciso fundir el mineral con 3 a 4 partes de carbonato de sosa; i entónces todo el antimonio queda en la escoria, en parte al estado de súlfuro, en parte al estado de óxido.—El mismo resultado se consigue fundiendo este mineral con carbonato de sosa i una proporcion conveniente de salitre. Pero, para separar al mismo tiempo la mayor proporcion de antimonio, es necesario emplear hierro metálico, sea solo, sea mezclado con flujo negro;

Método que propone Rivot en su docimásia.—El flujo que emplea Rivot para los ensayes de los minerales de galena consta de

Crémor..	30 partes
Carbonato de sosa seco....................	30
Bórax fundido..................................	15
Espato-fluor......................................	15
Salitre..	10
	100

Para minerales ricos que contienen 40 a 60 por ciento de plomo se toma 10 a 15 gramos de mineral que se mezcla con tres partes de flujo que se acaba de indicar i se envuelve la mezcla en un cartucho de papel. Se coloca el crisol vacio en un hornillo que se calienta con cok, con una hoja de hierro encorvada, adentro del crisol, i se tapa con un gran pedazo de carbon de leña. Cuando el crisol ya está de color rojo, se quita la tapa de carbon i se introduce en el crisol el cartucho. Se mantiene el ensayo en fusion por un cuarto de hora, o si el mineral es rico, por veinte minutos ajitándolo continuamente con la hoja de hierro. Terminada que se vea la reaccion, se saca la hoja de hierro i se vácia el crisol, etc. El salitre se descompone al fin de la operacion, pero el contacto del aire sirve para completar su accion sobre el súlfuro de plomo.

Si se emplea flujo negro, se introduce en el hornillo el crisol con el mineral i flujo negro adentro, ambos mezclados íntimamente i cubiertos de una capa delgada de flujo negro i sosa; se coloca tambien en medio de la mezcla una hoja de hierro encorvada i se calienta lentamente el ensayo hasta que adquiere la temperatura del calor rojo; ajítase con frecuencia con la hoja de hierro la masa fundida por quince minutos, etc,

Minerales pobres.—Se emplean con preferencia los crisoles de hierro, 100 gramos de mineral que no contiene mas que 2 por ciento de plomo se mezclan con 100 gr. de flujo análogo al anterior, pero que no contiene sino 5 partes de salitre en cada 100 partes de flujo. Se procede en seguida como en el caso anterior.

Pero todo ensayo de los minerales pobres no da sino resultados mui erróneos i para conocer la lei de ellos es necesario someterlos a las operaciones análogas a las que se emplean en grande: es decir al *lavado*, operando sobre cantidades mas considerables de mineral, por ejemplo, sobre un kilógramo.

Minerales que contienen blenda.—Rivot recomienda para estos minerales el procedimiento siguiente.—Pone en el fondo del crisol 15 a 20 gramos de sosa o potasa cáustica, encima 15 gramos de mineral mezclado con 40 gramos de carbonial de sosa seco, i una hoja de hierro adentro. Cúbrese todo con un poco de carbonato de sosa, etc. En este caso casi la totalidad de zinc queda en la escoria i solamente una parte de este metal, la que proviene de la reaccion de la hoja de hierro, se volatiliza, arrastrando consigo algo de plomo o de plata.

Cuando el mineral contiene proporcion algo considerable de blenda se toma 20 gramos de mineral, 40 gramos de carbonato de sosa i 40 gr. de bórax i se deja en el fondo del crisol 20 gramos de sosa cáustica. Se ha de calentar lentamente, hasta que se efectúe la fusion, la cual se mantiene por 20 minutos; i es necesario repetir el mismo ensayo hasta que se obtengan dos veces resultados casi idénticos.

Galenas piritosas.—Para estos minerales como para los anteriores Rivot prefiere hacer uso de sosa, carbonato de sosa i de hoja de hierro, con adicion a los reactivos de una proporcion de salitre, variable segun la parte de pirita que contienen.

Galenas antimoniales.—Rivot considera que el procedimiento ménos inexacto de todos es el que a continuacion se espresa:

Mézclase el mineral bien molido con 4 partes de carbonato de sosa i se introduce la mezcla en un crisol bastante grande para que no se llene sino hasta la mitad de su altura; se echa por encima una capa de carbonato de sosa i se eleva mui lentamente el calor hasta la fusion completa de la materia. En este estado se la mantiene por unos veinte minutos, poco mas o ménos, en el crisol abierto. Se debe evitar el uso de una hoja de hierro para templar la efervescencia i se procura tener la parte superior del crisol mas caliente que la inferior.

Queda siempre algo de antimonio en el plomo i lo demas de este metal pasa a la escoria. El súlfuro alcalino opera las reducciones de los súlfuros, pero se deja por veinte minutos la materia fundida con contacto de aire para la oxidacion mas completa de los súlfuros. Mas no se debe prolongar por mas tiempo la fusion, por causa de que en este estado el plomo i el antimonio se volatilizan. Hai siempre pérdida notable de oro i plata, si los minerales son de oro platosos.

§ III.—TERCERA CLASE.

Para ensayar las materias de esta clase, es necesario emplear un reductivo; pero, si se emplea el reductivo solo, los sulfatos, los seleniatos i los arseniatos se transforman en súlfuros, seleniuros i arseniuros, sin producir plomo puro; por esto, a mas del reductivo, se necesita para esta clase de ensayes, otro reactivo capaz de apoderarse del azufre, del selenio o del arsénico, i de separar el plomo. Este reactivo puede ser un carbonato alcalino o el hierro metálico para los sulfatos i los seleniatos; pero, no se debe hacer uso sino de hierro metálico para los arseniatos i los arsenitos, porque los álcalis no ejercen ninguna accion sobre los arseniuros.

En todos los casos se emplea el flujo negro, que sirve de reductivo para los óxidos, i de flujo para las sustancias térreas.—Cuando se funde un arseniato con flujo negro i hierro, el arseniuro de hierro que se produce, no se mezcla ni con el plomo, ni con la escoria, sino que constituye un eje quebradizo, que adhiere un poco a la esferilla de plomo.

Observacion que se refiere toda clase de ensayes de plomo.

Como los ensayes de plomo nunca dan resultados constantes, i los productos varian no solo por el grado de calor i el modo con que se calientan los ensayes, sino que tambien penden de una multitud de circunstancias, es preciso, cuando se quiere obtener resultados comparativos, hacer todos los ensayes en el mismo horno i siempre del mismo modo: a mas de esto, es indispensable repetir cada uno a lo ménos dos veces para verificar su exactitud.—Si la sustancia que se ha de ensayar, es de una naturaleza desconocida, no se puede acertar en obtener la mayor proporcion de plomo, sino haciendo varios ensayes, i variando la proporcion de los reactivos que se juzgan necesarios.—En todo caso, la cantidad de plomo producido por el ensaye, debe considerarse como inferior a lo ménos de algunas centésimas, a la cantidad contenida en la sustancia que se ha ensayado.

Ensaye por la via húmeda.—Muchas veces se puede determinar por la via húmeda la proporcion de plomo contenido en una sustancia, de un modo mas exacto i casi tan fácil i sencillo como por la via seca. Vamos a citar algunos ejemplos en los que se puede hacer uso de este método.

Carbonato, fosfato, arseniato.

1.° Cuando tenemos que ensayar la parte lavada de un mineral de plomo compuesto de carbonato, de cloro-fosfato i cloro-arseniato de plomo, mezclado con sulfato de barita, cuarzo i otras sustancias pedregosas, no atacables por los ácidos, es preciso reducir a polvo este mineral, i atacarlo por el ácido acético. En este ácido se disuelve el carbonato de plomo cuya cantidad se determina pesando el residuo bien lavado i seco. Despues, haciendo hervir este residuo con ácido nítrico puro, se disuelve el cloro-fosfato i cloro-arseniato; i se determina la proporcion de esta parte metálica del mineral, lavando el resíduo, secándolo, i restando su peso del resíduo anterior.

Galena. 2.° Supóngase que tenemos galena mezclada con un criadero, que conste enteramente de carbonato de cal. Se separa mui fácilmente este criadero por el ácido acético; i en el resíduo queda la galena pura. Si a mas del carbonato de cal, el criadero contiene un poco de arcilla, es preciso volver a atacar el residuo, que se separa de la disolucion acética, por el ácido nítrico; i entónces toda galena se disuelve, i no queda mas que la arcilla con un poco de azufre. Se separa el azufre de la arcilla calcinándola con el contacto del aire.

3.° Los minerales de galena tienen las mas veces por criadero unas piedras inatacables por los ácidos. En este caso se ensayan mui bien por el ácido nítrico puro, con tal que los minerales no contengan pirita o blenda. Si el ácido está concentrado, o si se calienta demasiado, se produce mucho sulfato de plomo, el cual siendo insoluble, quedaria con el criadero; i no se pudiera determinar la proporcion de la galena por la diferencia, pesando la parte insoluble. Para evitar este inconveniente, es preciso principiar por humedecer el mineral con un poco de agua, i echar ácido nítrico poco a poco, hasta que comience la accion; despues se calienta todo con calor mui moderado; i se ha de ajitar la disolucion frecuentemente. Luego que desaparecen todas las partículas metálicas, se debe parar la operacion; se añade agua, se filtra, i despues de haber lavado i secado el resíduo, se lo calcina con el contacto del aire, a fin de quemar el azufre: restando el peso del resíduo del peso del mineral que se ha ensayado, se obtiene la proporcion de la galena pura contenida en el mineral. Si se quiere obtener una exactitud mui grande, i se teme que se haya formado una cantidad notable de sulfato de plomo, se puede, ántes de pesar el resíduo calcinado, hacerlo hervir con una disolucion de potasa cáustica, para disolver el sulfato: despues se lava el resíduo con mucha agua, se seca, i se pesa.

Minerales de plomo con blenda. 4.° Se ensayan tambien los minerales de plomo, que contienen mucha piedra mezclada con pirita de hierro i blenda, haciéndolos hervir con ácido muriático concentrado, i lavando el resíduo con mucha agua, para disolver todo el cloruro de plomo. Este método es exacto, cuando el mineral contiene poca blenda, o cuando la blenda es casi pura, con poco hierro, porque de otro modo se disuelve tambien mucho zinc en el ácido, i tanto mas cuanto mayor es la proporcion de súlfuro de hierro en la blenda.

Escorias. 5.° En fin, cuando las escorias de plomo son atacables por los ácidos, se puede reconocer aun la mas pequeña cantidad de plomo atacándolas por el ácido nítrico, o por el agua réjia, filtrando el licor, i pasando en la disolucion una corriente de hidrójeno sulfurado.

Ensaye por los cianuros.—Levot en los *Anales de física i de química* (abril 1856) propone, para los ensayes de la galena que no es antimonial, fundirla con una mezcla de ferrocianuro de potasio, en proporciones tales, que por cada 100 partes de galena se empleen 100 partes de primero i 50 de segundo. Segun Levot no

se pierde por este método mas que 2 por ciento de plomo: es decir ménos que cualquier otro método conocido.

Ensaye de plomo por la via húmeda.—Siendo imperfectos los métodos conocidos hasta ahora para ensayar los minerales i productos de artes de plomo por la via seca, se ha buscado medios de efectuar estos ensayes por la via húmeda. El procedimiento de Flores-Demonte es el siguiente:

Se ataca la materia que se quiere ensayar por el ácido nítrico i se añade potasa caustica en exceso hasta que se disuelve completamente el óxido de plomo formado. En seguida se añade agua i disolucion normal de súlfuro de sodio, procediendo del mismo modo que en los ensayes de cobre por el método de Pelouze (páj. 160); solamente para preparar la disolucion normal se hace uso de un peso conocido de plomo en lugar del cobre. No perjudica en estos ensayes la presencia del arsénico, antimonio, estaño, zinc, pero sí, la de cobre i de bismuta.

CAPÍTULO VIII.

Plata.

SECCION PRIMERA.

§ I.—RESÚMEN DE LAS PROPIEDADES DE ESTE METAL.

La plata es un poco mas dura que el oro i un poco ménos dura que el cobre. Despues del oro, es la mas dúctil i la mas maleable de todos los metales que se usan en las artes. Pierde su ductilidad por la compresion o golpe de martillo i es necesario recocerla mas que el oro para conservar su ductilidad. Es un poco ménos pesada que el plomo: su densidad es 10.47. Se funde a 22° pyr, es decir, al calor albo, o 990° cent. En contacto con el carbon en ignicion el crisol de plata se funde con rapidez. Es mui poco volátil; sin embargo, emite vapores a la temperatura de los hornos de copelacion. Mantenida por algun tiempo en estado de fusion, en un crisol de brasca, en los hornos que se emplean para el cocimiento de porcelana, pierde un medio por ciento de su peso, es decir, un poco ménos que el cobre. Cuando se hace calentar la plata aleada con metales volátiles, como antimonio, plomo, zinc, bismuto, se volatiliza en proporcion mui notable. No se oxida por el aire a ninguna temperatura: sin embargo, si se la guarda por mucho tiempo en estado de fusion, espuesta al calor mui elevado en contacto del aire, absorve una pequeña cantidad de oxíjeno, la cual, al enfriarse el metal, o bien al sumerjirlo en el agua, se exhala espontáneamente i queda el metal puro. Basta que haya una pequeña proporcion de cobre o de oro en la plata para que este metal pierda esta propiedad de absorver oxíjeno al calor de fusion; pero cuando se someten a una

calcinacion con el contacto del aire unas aleaciones de plata con cobre, plomo, bismuto, etc. la oxidacion de estos metales es causa que tambien se oxide notablemente la plata.

La plata no descompone el agua a ninguna temperatura, ni mediante los ácidos. El ácido sulfúrico concentrado i en ebulicion la disuelve con desarrollo de ácido sulfuroso; el ácido muriático aun concentrado i en estado de ebullicion, ejerce accion mui débil sobre ella; sin embargo, la ataca con desarrollo de hidrójeno, cuando el metal se halla en partículas mui pequeñas, o cuando está en contacto de la platina: se forma en tal caso un subcloruro de plata. Su mejor disolvente es el ácido nítrico: los ácidos vejetales no ejercen accion alguna sobre este metal. Tampoco lo atacan de un modo mui notable, a cualquier temperatura los álcalis, los carbonatos alcalinos, los nitratos alcalinos, ni el clorato de potasa; sin embargo, cuando la plata se halla aleada con metales oxidables, como por el ejemplo el cobre, se ataca cantidad considerable de ella. El óxido de cobre, el minio, el bióxido de manganesa, si se calientan con plata mui subdividida pasan a menor grado de oxidacion.

La plata se combina directamente con el azufre, el arsénico i el fósforo. Descompone mediante el calor el gas hidrójeno sulfurado, i aun se ennegrece por este gas a la temperatura ordinaria. La pirita i los persúlfuros alcalinos la trasforman en súlfuro, pero la galena no la ataca. Combínase tambien directamente con el cloro, ya sea calentándola, ya estando disuelto el cloro en el agua. La sal marina en disolucion concentrada, puede disolver cierta cantidad de plata; se forma en tal caso cloruro doble de plata i de sodio i el licor adquiere reaccion alcalina. La plata se disuelve parcialmente o en totalidad, mas o ménos facilmente, segun el estado de su dureza, en varias disoluciones salinas, particularmente en las disoluciones de los cloruros alcalinos, de los de hierro, de cobre, en las de sulfato de peróxido de hierro, de sulfato de cobre, etc. Combínase tambien directamente con el bromo i el iodo. Se alea con los mas metales, pero no con todos; por ejemplo, no se une con hierro ni cobalto.

El óxido es una base salificable mui enérjica: se combina con todos los ácidos i los neutraliza completamente. Es mui fusible i obra como fundiente en sus combinaciones con los silicatos. Se reduce con mucha facilidad al calor rojo. Es mui soluble en el amoniaco i carbonato de amoniaco. Combínase tambien con varios óxidos, entre otros, con los de plomo, de cobre, de manganesa, como tambien con sus silicatos: en estos casos cesa de ser reductible por el calor, al ménos en su totalidad.

Las sales de plata son sin color, algunas amarillentas o pardas. Se ennegrecen por la luz, reduciéndose en parte. Los álcalis i sus carbonatos producen en ellas unos precipitados pardos; pero el amoniaco no las precipita, ántes por lo contrario disuelve todas las sales de plata que son insolubles en el agua. Producen precipitado blanco, como leche cortada por el ácido muriático i los cloruros, precipitados amarillos, por los arsenitos, rojos, por los

cromatos alcalinos, negros, por el hidrójeno sulfurado. Las disoluciones de plata son reductibles por los metales mas oxidables como el hierro, el cobre, el mercurio, etc.

El súlfuro de plata es de color gris de plomo; blando o semidúctil, mui fusible i no se descompone por el fuego. Se reduce por la calcinacion con el contacto del aire, formándose al propio tiempo algo de sulfato si la temperatura es baja. Se trasforma totalmente en sulfato si se calcina con el aire, mezclado con pirita, i sino se hace subir el calor a mas del rojo sombrio. Es atacable por el ácido muriático; reductible por el hidrójeno como tambien por el hierro, el cobre i el mercurio mediante el calor. Se funde en todas proporciones con la plata, con los súlfuros alcalinos i con los mas súlfuros metálicos.

El sulfato es blanco; se descompone i se reduce con facilidad por el calor. Necesita 87 a 88 partes de agua para disolverse i mucho ménos de agua acidulada con un poco de ácido sulfúrico. Mui soluble en ácido sulfúrico concentrado i tambien en gran proporcion soluble en todos los ácidos enérjicos i concentrados; pero el agua lo precipita en gran parte en sus disoluciones.

El fosfato es amarillo, se ennegrece por la luz; fusible, insoluble en el agua; el pirofosfato es blanco, toma un color rojo por la luz.

El arseniuro es gris, quebradizo, de contestura cristalina, mui fusible, irreductible por el calor; el *arseniato* es insoluble, con dificultad se disuelve en ácido nítrico i el amoniaco.

Amoniuro o plata fulminante. Cuando se hace dijerir óxido de plata en una disolucion concentrada de amoniaco cáustico, i si se-ca, se forma un polvo negro sumamente esplosivo.

El cloruro es blanco, pero la luz le da luego un color negro algo purpurino. Es insoluble en el agua i en las disoluciones débiles de ácido nítrico; pero se disuelve sensiblemente en las disoluciones de ácido clorhídrico o de los cloruros alcalinos. La presencia aun de otros cloruros metálicos en una disolucion, influye en la solubilidad de cloruro de plata. Es mui soluble en el amoniaco, i, cuando recien preparado, se disuelve en los hiposúlfitos solubles. Contiene 0.756 de plata.

Es mui fusible: se funde a la temperatura de 260° i tan pronto como esté fundido principia a volatilizarse: sin embargo, no se puede destilarlo. Inalterable por el carbon calcinado; pero el carbon ordinario i todas las sustancias orgánicas que contienen hidrójeno, lo reducen por la via seca. Tambien lo reducen mediante el calor, el hierro, el zinc, el estaño, el antimonio, el bismuto, el cobre, el plomo. Los dos primeros lo reducen tambien a la temperatura ordinaria en presencia del agua i algun ácido. Los álcalis i tierras alcalinas reducen el cloruro de plata por la via seca con desarrollo de oxíjeno. Se combina i se funde en toda proporcion con litarjirio, con súlfuro de plata, con la galena, i probablemente con varios otros súlfuros.

El cloruro ennegrecido por la luz no contiene plata metálica i por esto no es atacable por el ácido nítrico; pero contiene un

subcloruro que el amoniaco i la sal comun disuelven trasformándolo en plata metálica i cloruro.

El bromuro de plata es amarillo i se ennegrece por la luz como el cloruro, pero sin tomar viso violáceo. Mui fusible. Insoluble en el agua, i en el ácido nítrico débil. Los ácidos concontrados i en estado de ebullicion lo descomponen en parte. Es mui poco soluble en el amoniaco. Calentándolo en un tubo con peróxido de manganesa, agua i ácido sulfúrico, despide vapor amarillo rojizo de bromo: contiene 0.589 de plata.

Se descompone tanto por la via seca como por la via húmeda por los mismos metales i reactivos que el cloruro.

El ioduro de plata es de un blanco amarillento; el nativo, de un amarillo de azufre claro, que no cambia por la accion de la luz Es tan fusible i volátil como los anteriores; casi insoluble en el amoniaco, exijiendo 2,800 veces su peso de amoniaco en ebullicion para disolverse. Insoluble en el agua pura o acidulado con ácido nítrico. Los ácidos enérjicos concentrados i en ebullicion lo descomponen. Tambien lo reducen el hierro, el zinc, el estaño, los álcalis, el carbon, etc. Contiene 0,532 de plata.

§ II.—PROPIEDADES DE LA PLATA I DE SUS COMPUESTOS QUE SE APROVECHAN EN LA AMALGAMACION DE LOS MINERALES DE PLATA.

(Estracto de la memoria de Durocher i Malagutti, publicado en los *Anales de Minas.*— Paris 1851.)

ACCION DEL MERCURIO.

1. *Sobre la plata metálica.*—El mercurio se combina *directamente* con la plata, con mas o ménos prontitud segun el estado de division en que este metal se halla: así, con la plata mui subdividida, la union es casi instantánea, miéntras que el mismo metal, cuando se halle en granos gruesos, la amalgamacion marcha primero lijeramente i luego se pára, probablemente porque se forma en la superficie una amalgama espesa que impide el contacto del mercurio con la parte interior del grano.

2. *Sobre la plata cornea.*—La accion del mercurio es mui lenta. En dos horas de trituracion continua de mercurio con plata clorurada artificial, no se amalgama ni uno por ciento de plata contenida en este último. En tal caso se forma el subcloruro de mercurio en proporcion de dos equivalentes de mercurio por uno de plata. Pero si comparamos la amalgamacion directa de la plata metálica con la del cloruro de plata en un líquido salado, en presencia del hierro, veremos que en tal caso la de plata clorurada es mucho mas fácil i rápida que la de la plata metálica: así, por ejemplo, miéntras que en dos horas de rotacion, en un barril, de una mezcla de plata nativa i mercurio, no se rinde sino 233 por mil de plata, i en cinco horas 241 por mil, con la misma rotacion de una mezcla de plata clorurada, mercurio, sal i hierro, en dos

horas se amalgama 481 por mil de plata, i en cinco la totalidad de ella o 1,000 por 1,000. La amalgamacion es mas rápida cuando se hace obrar simultáneamente sobre el cloruro, el hierro i el mercurio, que si se hace obrar sobre la misma plata córnea sucesivamente, primero el hierro i despues el mercurio. Influyen tambien en la amalgamacion del cloruro mediante el hierro, *primero*, la proporcion de agua: de manera, que si se la mezcla es demasiado espesa o demasiado líquida la union del mercurio es mas lenta; *en segundo lugar*, la naturaleza del criadero, siendo las arcillas, sobre todo las arcillas plásticas, mas perjudiciales que el hidrato de hierro, i las mas favorables a la amalgamacion son las arenas, varias especies de mármol i la baritina; *en tercer lugar*, la proporcion del mercurio, pues el efecto aumenta con la cantidad de mercurio, aunque no en la misma proporcion que este último.

3. *Sobre el súlfuro de plata.*—La accion directa del mercurio sobre el súlfuro de plata es menos difícil que la del mismo metal sobre el cloruro: así, la proporcion en que el mercurio reduce el súlfuro es a la que reduce el cloruro (se entiende, en tiempo i circunstancias iguales)

como 2.74:1 en un criadero ferrujinoso,
i como 1.76:1 en un criadero arcilloso.

Esta diferencia es todavia mas sensible cuando se trata de amalgamar el cloruro i el súlfuro de plata nativos, que si se someten a la misma operacion el súlfuro i el cloruro artificiales.

Se ve que contrariamente a la opinion mui jeneral entre los beneficiadores, no solo la accion del mercurio sobre la plata clorurada es excesivamente débil i lenta, sino que le lleva mucha ventaja la que ejerce el mercurio sobre la plata sulfúrea.

Ahora, en esta accion directa del mercurio sobre el súlfuro tienen influjo: *en primer lugar*, los criaderos, pues la cantidad de súlfuro que se amalgama en un criadero arenoso es cuádruple de la que en igual tiempo se rinde en un criadero arcilloso, i los mas favorables a esta accion son el sulfato de barita i el mármol sacaroideo;—*en segundo lugar*, la presencia de ciertas sales: asi la de sulfato da hierro de casi doble, i la de sulfato de cobre casi triple la cantidad de plata de lo que produce en igual tiempo la amalgamacion directa del súlfuro.

4. *Sobre los rosicleres.*—La accion directa es casi nula; pero esta accion es bastante enérjica en presencia del cobre metálico i sulfato de cobre: en tal caso la plata sulfoantimonial se amalgama mas pronto que la plata sulfúrea, de tal manera, que, en igual tiempo i mediante igual cantidad de cobre i sulfato de cobre se puede estraer las 7/10 de plata del rosicler i solamente 4/5 del súlfuro.

5. *Sobre los polisúlfuros platosos.*—La accion directa del mercurio sobre estos minerales es tambien excesivamente lenta i casi nula; pero puede aumentar su enerjia en presencia del cobre i

sulfato de cobre, de manera que mediante estos materiales la amalgamacion se opera mejor que mediante el majistral i el cloruro de sodio, sobre todo cuando los minerales contienen blenda i galena.

ACCION DEL CLORURO DE COBRE.

(Trátase de conocer la accion del cloruro de cobre sobre la plata i los diversos compuestos de ella por causa de que en el uso del *majistral*, que es sulfato de cobre, i de la sal comun, en la amalgamacion americana, se forma cloruro de cobre a cuya accion sobre los minerales de plata se atribuye el buen éxito del beneficio).

1. *Sobre la plata metálica.*—Si no hai contacto del aire, se forma cloruro de plata i subcloruro de cobre; si hai contacto, se forman clururo de plata i oxicloruro de cobre.

2. *Sobre la plata sulfúrea.*—Si no hai contacto del aire, se forma cloruro de plata, azufre, i subcloruro de cobre; si hai este contacto, cloruro de plata, ácido sulfúrico i oxicloruro de cobre. De esta última reaccion resulta sulfato de cobre i vuelve a renacer el cloruro de cobre que a su vez obrará sobre otras cantidades de plata sulfúrea, etc. Esta accion sin sal es tan lenta que en dos meses es apenas sensible, i con sal, en igual tiempo, se cloruran como dos terceras partes de plata.

3. *Sobre el rosicler.*—La accion es mui lenta: se forma ácido sulfúrico i una mezcla de plata clorurada i de oxicloruro de cobre, etc. El rosicler claro resiste mas que los sulfoantimoniuros.

Sobre la galena platosa.—El cloruro de cobre principia por atacar la galena sin ejercer accion sobre la parte platosa de ella. Fórmase primero cloruro de plomo, ácido sulfúrico y oxicloruro de cobre; luego se descompone el primero por el segundo, orijinando sulfato de plomo i volviendo a renacer el cloruro de cobre, cuya accion se ejercerá sobre otra porcion de galena, debiendo repetirse la misma accion hasta que la mayor parte de la la galena se halle descompuesta: entónces empezará el cloruro de cobre a obrar sobre la plata o súlfuro de plata.

Sobre la blenda platosa.—La misma accion que en el caso anterior. No principia a obrar sobre la plata o súlfuro de plata el cloruro de cobre, sino cuando casi la totalidad de la blenda ya está atacada i la que queda tenga unos 3.8 por ciento de plata.

Sobre las piritas y otros súlfuros metálicos.—Accion análoga i mui tardía la formacion de cloruro de plata.

ACCION DE LA SAL COMUN.

Sobre el cloruro de plata.—Cuando no se emplea para la reduccion de este cloruro el hierro, obra la sal como disolvente, i en tal caso sucede a veces que la sal comun lejos de accelerar la amalgamacion la atrasa, quizás por la afinidad que tiene el cloruro de plata con el cloruro de sodio. La solubilidad del clo-

ruro de plata en el agua saturada de sal pende de la temperatura: así

A la temperatura de.... la proporcion de cloruro que se disuelve en esta agua es casi nula.	0°
A...........................	10° se disuelve 0.0017 del peso de la sal
	18° — — 0.0024 id.
	100° — — 0.0068

Cuando la sal se emplea en la reduccion del cloruro de plata por el hierro, o en cualquier procedimiento electroquímico, aumenta la conductibilidad del líquido.

ACCION QUE EJERCEN SOBRE EL CLORURO DE PLATA.

1.° *Los súlfuros, arseniuros y sulfo arseniuros metálicos.*—Estos compuestos descomponen el cloruro de plata, tanto por la via seca como por la via húmeda. En estos casos puede efectuarse: a) una descomposicion mútua i cambio de elementos: b) una reduccion parcial del súfuro: c) una descomposicion i reduccion a un tiempo, segun sea la fórmula atómica del súlfuro, como lo demuestran las reacciones siguientes:

a) $RS+AgCl=RCl+AgS$
b) $RS^2+AgCl=RS+AgS+Cl$
c) $R^2S+A^2gCl^2=Ag+AgS+R^2Cl^2$

Cada súlfuro descompone diferente cantidad de cloruro, i en jeneral, los cloruros de los metales electronegativos descomponen mayor cantidad de cloruro de plata que los de antimonio, estaño, etc.

Los sulfoarseniuros ejercen una accion débil sobre el cloruro, esceptuando el niquel gris, pero los arseniuros pueden descomponer mayor proporcion de este cloruro que los súlfuros. Así por ejemplo

la galena descompone.........	13 por ciento de su peso de cloruro
el cobre sulfúreo................	200 a 300 por ciento de id.
el arseniuro de niquel.........	470 por ciento de id.

Por esta razon la plata córnea no se halla en la naturaleza casi nunca asociada con los súlfuros metálicos i los arseniuros, i la

cloruracion de los minerales de plata es tan difícil en presencia de estos súlfuros i arseniuros.

2. *El subcloruro de cobre.*—Reduce parcialmente el cloruro de plata, formando subcloruro de plata.

3. *Los metales.*—El hierro i el zinc reducen el cloruro de plata rápidamente en presencia de agua sin que haya presencia de algun ácido o necesidad de calentar. El cobre no lo reduce a la temperatura ordinaria, aún mediante un ácido, sino mui lentamente; pero a la de 100° la reduccion es rápida i completa. El amalgama que se forma en tal caso adhiere al cobre, si la proporcion del mercurio a la de plata excede 4:1.

ACCION QUE EJERCEN SOBRE EL SÚLFURO DE PLATA.

El subcloruro de cobre.—Este subcloruro en polvo o disuelto reduce el súlfuro de plata con produccion de cloruro de cobre, plata metálica, i cobre sulfúreo:

$$Cu^2Cl+AgS=CuCl+Ag\div CuS.$$

Por consiguiente si se hace obrar sobre el súlfuro de plata el cloruro de cobre i la sal comun, se ha de formar primero el subcloruro de cobre i la plata clorurada, en seguida el subcloruro, disolviéndose en la sal, obrará sobre otra cantidad de súlfuro de plata i dará orijen a la produccion de plata metálica, cloruro i súlfuro de cobre. Esta reaccion se aprovecha en los beneficios mas perteccionados en Copiapó.

2. *La sal comun* en la amalgacion del súlfuro por el majistral (cloruro de cobre) sirve quisas de disolvente para el subcloruro de cobre.

3. *Oxicloruro de cobre.*—No ejerce ninguna accion sobre el súlfuro de plata.

4. *Los metales.*—El hierro o el cobre pueden reducir el súlfuro de plata a la temperatura de 100° en presencia de algunas sales como el alumbre, el sulfato de hierro, i sobre todo el sulfato de cobre. La accion simultánea de cobre i sulfato de cobre a esta temperatura es tan enérjica que se puede, mediante estos ingredientes, reducir en cierto tiempo las 4/5 partes de la totalidad de súlfuro i efectuar la amalgamacion directamente sin necesidad de ocurrir a la cloruracion.

5. *El subóxido de cobre* posee tambien en alto grado la virtud desazufrante para la plata sulfúrea en presencia de las mencionadas sales.

6. Ya se ha tratado mas arriba de la accion del mercurio i del cloruro de cobre.

§ III.—DE QUE MODO SE PORTAN LOS DIVERSOS METALES EN LA AMALGAMACION DE LOS MINERALES DE PLATA (1).

Oro.—El oro se amalgama mas pronto que la plata, i su amalgama adhiere mas a los cuerpos sólidos que el amalgama de plata. Sin embargo, una gran parte de oro se pierde en la amalgamacion de los minerales de plata auríferos, efectuándose esta amalgamacion, ya sea por el método americano, ya por tuesta. Atribuyen esto a que el mercurio no se une bien con el oro si contiene plata i la amalgamacion del oro pide que se emplee mercurio puro sin plata. Se cree por lo comun que miéntras mayor sea la proporcion de esta última en el amalgama, mayor es la pérdida de oro. Se pierde tambien proporcion considerable de oro en la fundicion de los minerales de plata auríferos. Por esto se aconseja estraer el oro mediante el mercurio de los minerales sulfúreos, cuya plata no se rinde inmediatamente a la accion del mercurio, ántes de someter estos minerales a cualquier beneficio por plata. Por esta razon talvez procuran en Méjico estraer de los minerales de plata frios la mayor cantidad posible de oro, durante la molienda, echando en la solera del trapiche cierta cantidad de azogue, segun la riqueza del mineral.

Cobre.—Este metal se amalgama con mucha facilidad cuando se halla recien precipitado del cloruro o sulfato de cobre mediante el hierro. El amalgama de cobre se pega con mucha tenacidad a los barriles, pedazos de hierro i a los residuos terrosos, o relaves, de los cuales no se separa sino con cierta dificultad. Por esto la formacion de esta amalgama ocasiona, por una parte, pérdidas de azogue en el lavado, i por otra parte produce amalgamas de plata mui impuras, cargadas de cobre, de las cuales se estrae plata mui cobriza. Divídese por consiguiente en tal caso el cobre contenido en los minerales entre lo que se alea con la plata en la destilacion de las amalgamas i lo que queda en los residuos. Por esto se procura evitar cuanto se puede, en las amalgamaciones por tuesta de los minerales mui cobrizos, que haya cobre al estado de cloruro o de sulfato en las harinas que se amalgaman por el método de Freyberg en los barriles, i se sabe que se consigue tener la totalidad de este metal al estado de óxido en el mineral tostado, mediante la cal.

Plomo.—El plomo se amalgama fácilmente cuando es metálico i en partículas menudas, como lo sucede en los minerales plomisos tostados. Este metal poco mercurio necesita para su saturacion i ocasiona pérdidas de mercurio. En jeneral, ni el cloruro ni el sulfato de plomo se reducen por el hierro en los barriles de amalgamacion, i por consiguiente no pueden dar orijen a la formacion del amalgama de plomo, por esta razon se procura evitar que se forme plomo metálico en la tuesta de los minerales

(1) Estracto de la obra de Wincler: *die europeische amalgamacion etc.* «Amalgamacion europea de los minerales i productos metalurjicos de plata.» Freyberg 1833.

de plata plomisos por el método de Freyberg i se trata de hacer pasar en dicha tuesta todo el plomo al estado de óxido o de cualquiera sal de plomo.

Zinc.—El zinc metálico se amalgama con facilidad i por esto no puede reemplazar el hierro en la reduccion de la plata córnea.

Hierro.—Este metal no es amalgable; sin embargo hállase a veces en las amalgamas de Freyberg i causa dificultades en la refinacion de la plata.

Antimonio.—El antimonio emplea para su amalgamacion mucho mercurio pero se amalgama con dificultad. I como, en jeneral, una parte de este metal se volatiliza en la tuesta i lo restante casi en totalidad pasa al estado de ácido antimonioso en los minerales tostados, resulta que por lo comun mui poca proporcion de antimonio queda en las amalgamas de plata obtenidas por el método de Freyberg. Se procura librar esta última completamente del antimonio, pues la plata que contiene aun mui poco antimonio es agria i quebradiza.

Cobalto.—No se une con el mercurio.

Niquel:—Segun parece, este metal puede amalgamarse, pues hallamos con frecuencia indicios de niquel en la plata amalgamada.

Bismuto.—Se amalgama mui pronto. Su amalgama pasa en parte en la filtracion con el mercurio, en parte queda con el amalgama de plata filtrada, de la cual se desprende el bismuto durante la destilacion i se va con el mercurio. Por esta razon mui poco de bismuto queda en la plata; pero el bismuto no deja de perjudicar, porque uniéndose con el mercurio debilita su fuerza para unirse con la plata, i porque dividiéndose el amalgama de bismuto en globulillos mui pequeños ocasiona pérdidas de mercurio en los relaves.

Arsénico:—Es un elemento mui perjudicial en los beneficios por amalgamacion. No porque sea mui fácil para unirse con el mercurio; ántes por el contrario, se amalgama difícilmente i sobre todo el mismo hierro en los barriles impide de cierto modo la amalgamacion del arsénico. Tampoco ocurren dificultades en la tuesta de los minerales arsenicales con la sal, pues esta última se descompone del mismo modo por estos minerales como por los minerales sulfurosos. Sin embargo, la pérdida de plata i de mercurio ocasionada por el arsénico es considerable.

La pérdida de plata se ocasiona principalmente durante la tuesta, en la cual el arsénico arrastra consigo, volatilizándose, una gran parte de plata, i esta parte volatilizada no se recoje toda en los polvos i hollines de los cuartos de condensacion.

En cuanto a la pérdida de mercurio, ésta se debe a la propiedad que tiene el arsénico de subdividir el mercurio en globulillos, a lo cual parece contribuye tambien la temperatura que aumenta mucho en la amalgamacion de los minerales arsenicales en barriles. El mercurio se transforma talvez en estos casos parcialmente en oxídulo i se separa en infinidad de pequeñas perlas, cuya superficie, hallándose como cubierta de este oxídulo, impi-

de que estas perlas vuelvan a unirse, i las mas pequeñas de ellas se llevan por el agua en el lavado.

SECCION SEGUNDA.

Mineral es i productos de las artes

§ I. ESPECIES MINERALES.

(Mineralojia de la plata.)

Las especies minerales de plata son mui numerosas i pueden clasificarse del modo siguiente:

1.ª *clase*. Especies metálicas.
- Plata nativa pura.
- Id. antimonial
- Id. cobriza
- Amalgamas nativas de
  - Méjico.
  - Arqueros.
  - Rosilla.
  - Bordos.
- Plata bismutal.
- Antimoniuros de plata
- Aleaciones de plata i oro.

2.ª *clase*. Plata córnea.
- Plata córnea blanca: cloruro.
- Id. Id. Id. mercurial; cobriza,
- Plata córnea melada: bromuro,
- Plata córnea verde, cloro bromuros,
- Plata córnea amarilla, ioduro,
- Id. Id. mercurial,

3.ª *Clase*. Plata sulfúrea, sulfo antimonial, sulfo arsenical,
- Súlfuro de plata.
- Rosicler claro.
- Id. oscuro.
- Id. negro.
- Miarjiria.
- Arseniuro.

4.ª *Clase*. Polisúlfuros cobrizos sin plomo
- Súlfuros dobles de plata i de cobre.
- Polibásita compacta.
- Id escamosa.
- Cobres grises platosos.

5.ª *Clase*. Polisúlfuros plombíferos.
- Plata gris de Freyberg.
- Id. de Bolivia.
- Id. de Chile.
- Polisúlfuros que contienen al mismo tiempo plomo i cobre.

A mas de las especies anteriores, las que por su escasez en la naturaleza ofrecen poco interes al ensayador i beneficiador de metales son:

El seleniuro,
El telururo,
El sulfuro bismutal,
El súlfuro ferrujinoso (Sternbergeria), etc.

Pero independientemente de las verdaderas especies minerales de plata, casi todos los minerales metálicos, aun los minerales oxidados de hierro, de cobre, etc., contienen plata, las mas veces en proporcion mui pequeña, o indicios apenas perceptibles de este metal: de suerte que la plata puede considerarse como el hierro, uno de los minerales mas diseminados i universalmente derramados por todo el reino mineral.

Las especies minerales que por lo comun en mayor cantidad i con mayor frecuencia contienen plata son:

El arsénico nativo i varios arseniuros i sulfo-arseniuros de hierro, de cobalto, de niquel, etc.
Las especies minerales de antimonio,
El cobre súlfúreo, abigarrado i piritoso,
La galena i las especies minerales de plomo,
La blenda i la pirita, etc.
En jeneral, las especies sulfuradas son mas ricas en plata que las oxidadas.
Cuando la pirita se halla asociada con otros súlfuros, es siempre mas pobre que estos últimos.
La blenda es unas veces mas rica i otras veces mas pobre que la galena con que está asociada.

En fin, se ha reconocido la presencia de plata en el agua del océano en proporcion de 1 milígramo por cada cien quilógramos (0.00000 1) lo que corresponde a 1.000 quilógramos por cada miriámetro cúbico (mas de dos millones de toneladas en la mar).

Pasemos a la descripcion de las especies.

1.ª CLASE: ESPECIES METÁLICAS.

Plata nativa.—Casi siempre diseminada en pegaduras i chapas, en granos, hojillas, filamentosa, dendrítica, etc. Cristaliza en cubos u octaedros; se halló en Chañarcillo en forma de cristales impropios que son unos dodecaedros de triángulos escalenos derivados del rombodro. En la superficie sin lustre, a veces tomada de amarillento, pardusco o negro; raspadura mui lustrosa; dúctil, flexible; peso específico 10.0 a 10.6.

La plata nativa dentrítica o denticular la que se cria en medio de los cloro-bromuros de Chañarcillo es perfectamente pura.

La del mismo mineral diseminada en granos i hojillas, con ro-

sicler, arsénico i mispiquel es siempre antimonial. Dos muestras de esta plata, sacadas, una de la parte inferior de la Descubridora i otra del Rosario, dieron al análisis:

	De la Descubridora.	del Rosario.
Plata....................	95.9	94.2
Antimonio	4.1	5.8

La de San Antonio en Copiapó diseminada en granos irregulares, en medio de un criadero porfírico i acompañada de súlfuro i arseniuro de cobre, es cobriza i consta de

Plata	98.1
Antimonio............	0.9
Cobre..........	1.0

Una variedad de plata nativa algo quebradiza, que se halló hace tres años en la Descubridora de Chañarcillo, en barras que pesaban mas de un quintal i tenian una estructura testácea, de zonas concéntricas, de contestura granuda, sin criadero ni materias estrañas, dió al análisis 1 i ½ a 2 por ciento de antimonio con unas milésimas de mercurio, arsénico i cobalto.

La de Corocoro, en Bolivia, forma como una especie de arenísca cementada por un criadero granudo blanco que no hace efervescencia con los ácidos; i lo que hai de particular es que la misma mina que dá areníscas semejantes de cobre, produce tambien minerales de la misma forma i aspecto de plata.

Se halla casi en todas las minas de plata en Chile con diversos criaderos: así en hojillas delgadas con súlfuro de cobre i cobre abigarrado, en las minas del departamento de Combarbalá, en las de Catemo, de San Pedro Nolasco, etc; en forma de hilos, con arsénico nativo i arseniuros, en las minas de Punta-Brava, del Carrizo, de Ladrillos, del Sacramento; en hojas dentríticas con plata córnea verde, en Chañarcillo; en granos de todo tamaño con arseniuro de cobre o de cobalto, etc.

Las formaciones mas curiosas de Méjico segun del Rio son la de Batopilas en grandes hojas i la dendrítica de Tasco; de las de Bolivia merece ser citada la de Aullagas, filamentosa, encrespada, casi tan blanda como el algodon, llamada pasaman.

Cuando se halla con cobre metálico, como en el Lago Superior en Norte-América i en varias vetas casualmente en Chile, se vé siempre pegada en la superficie del cobre, como si hubiese sido precipitada de sus disoluciones por este metal i nunca aleada con él.

La matriz de la plata nativa consta de espato perlado, espato calizo, sulfato de barita, i rara vez, como en el mineral de la Dehesa, cerca de Santiago, el cuarzo.

Plata antimonial.—(Silberspiesglanz Spiesglanzsilber). En masas, diseminada, i tambien cristalizada, en prismas rectán-

gulos o bien en prismas hexágonos; adheridos por las caras laterales forman jemelos como la piedra de Aragon; a veces en agujas. La superficie de los cristales rayada a lo largo i poco lustrosa. Color blanco de plata o blanco de estaño; tomada a veces por fuera de amarillo rojizo; por dentro lustrosa, lustre metálico. Estructura hojosa plana o algo curva de varios cruceros. Blanda, algo dócil; poco quebradiza. Ps. 9.44 a 9.82; al soplete se funde fácilmente, volatilizándose el antimonio, i el grano se rodea de un anillo vítreo amarillento. Sobre carbon, despues de largo soplo queda la plata pura.

Dos especies de esta natraleza se conocen en el antiguo continente i contienen, segun Klaproth,

	Silberspiesglanz			Spiesglanzsilberg.		
Plata	82.3	3	at.	77.0	2	at.
Antimonio	17.7	1	at.	23.0	1	at.

Ya se ha dicho que la plata nativa de Chile contiene mui a menudo antimonio en proporcion que pasa a veces de 4 a 5 por ciento. Pero aparece a veces en las minas de Chañarcillo el antimoniuro de plata que se parece por su aspecto a la caliza granuda de grano mui fino i de color blanco algo oscuro. Este mineral es quebradizo, i se reduce a polvo mui fácilmente en un mortero; frotado con el hierrro adquiere lustre metálico; observado al microscopio, hace ver que consta de partículas cristalinas de caliza, mui finas, mezcladas con plata filamentosa crespa. La caliza es magnesiana, con 3.6 por ciento de carbonato de magnesia; la plata tiene 4 por ciento de antimonio.

Existe tambien un antimoniuro de plata hojoso, de color blanco, tomando algo de colores de íris, quebradizo, en los minerales de Bolivia, acompañado por la plata nativa i otras especies minerales sulfuradas.

Plata mercurial (amalgama nativa).—Se conocen varias especies de amalgama nativa, entre las cuales seis a lo menos forman especies minerales bien determinadas;—estas son:

1. *Pella natural de Méjico.*—Es de color blanco de estaño i de plata segun tiene mas o ménos plata. Se halla en pequeñas masas, formando cintas; diseminada i cristalizada en dodecaedros rombales u octaedros. Es lustrosa, de dócil a poco dócil; quebradiza. En un matracito salta i hierve, dejando una masa algo esponjosa. Cuando mezclada con mercurio, es mui blanda; la que es cristalizada, consta segun Klaproth de

Plata	0.36	(1 at.)
Mercurio	0.64	(2 at.)

La *semilíquida* se cria con mercurio i se halla accidentalmente; la *semidura*, en cintas con plata nativa, en una roca arcillo-

sa en Dos-Puentes, donde se halla mas escasamente que la blanda (del Rio).

2. *Arqueria.*—Su color, lustre, estructura i los mas de sus caractéres son como los de la plata nativa, con la cual se habia equivocado por mucho tiempo.

Es un poco mas blanda que la plata nativa; su peso específico 10.8. Al soplete, en un matracito da sublimado de mercurio, sin hervir ni saltar como la anterior: introducida en el plomo fundido en una copela, salta i arroja gotas de plata que caen en los bordes de la copela. Disuelta en el ácido nitrico, si despues se agrega ácido muriático, forma un precipitado blanco que no se ennegrece con la luz.

Se halla comunmente diseminada en partículas i granos algo gruesos, irregulares, a veces en racimos i masas, i tambien cristalizada en octaedros regulares, a veces tomados de color amarillo de oro. Consta de

Plata..........	86.5	(6 at.)
Mercurio.......	13.5	(1 at.)

Constituye la principal riqueza de los minerales de plata de las minas de Arqueros (provincia de Coquimbo), las que en los primeros quince años desde su descubrimiento han producido mas de doscientos mil marcos de plata en esta especie.

Su criadero es sulfato de barita, arseniato de cobalto i casualmente un poco de plata sulfúrea o clorurada.

No se ha hallado hasta ahora en ninguna otra parte del mundo que en las minas de Arqueros, en las del Rodaito, situadas a un par de leguas de las anteriores, i, mas al sur, en las de Algodon de la misma provincia.

3. *Rosilla.*—Descubriéronse hace poco en la provincia de Atacama, en los minerales llamados la Rosilla, tres especies de amalgama nativa, en cantidades bastante considerables.

(a) Una de ellas, que podemos llamar *granuda*, se halla diseminada en partículas mui pequeñas, lustrosas, de color blanco de plata, algo parecidas a la plata bismutal; forma venillas en medio del criadero i se reduce en el mortero a polvo mui fino. Se ve acompañada por el clorobromuro de plata en granos i venas verdosas i amarillentas, algunas hasta de medio milímetro de grueso, i por la segunda especie de amalgama que forma granos mucho mas gruesos i pequeñas masas irregulares sin lustre. No se divisan en el contacto de esta especie ni cerca de ella ningun mineral sulfurado ni arsenical.

Esta especie da sublimado de mercurio en el matracito, sin ebullicion, i presenta los mismos caractéres que la arqueria. Se ataca con facilidad por el ácido nítrico aun débil, i notablemente por el ácido muriático en ebullicion. Consta de

Plata..........	43.6	(3 at.)
mercurio.......	56.4	(4 at.)

(b) La segunda especie de la Rosilla, que podria llamarse *amalgama neutra* i es mas abundante que la primera, forma, como acabo de decir, partículas mas gruesas que la primera, cuando ambas se hallan en una misma muestra; pero he hallado tambien la misma amalgama neutra en otras muestras, formando partículas de todo tamaño, aun mui pequeñas, acompañadas por el clorobromuro de plata, sulfoarseniuro de cobalto i un súlfuro de mercurio i plata cuya raspadura es de color gris de acero azulejo, inatacable por el ácido nítrico.

Esta especie consta de

Plata.........	53.3	(1 at.)
Mercurio......	46.7	(1 at.)

(c) Hállase tambien en los minerales de la Rosilla otra amalgama en masas ramosas, ennegrecida i sin lustre por fuera, bastante maleable, i acompañada por la plata córnea sin mezcla de alguna especie sulfurada. Esta amalgama consta de

Plata.........	64.2	(5 at.)	
mercurio......	35.8	(3 at.)	i se halla cristalizada.

He encontrado estas tres especies de amalgama nativa, asociadas no solo en una misma mina, sino en una misma muestra, colocadas de tal manera, que la primera de ellas, la mas rica en mercurio, estaba diseminada en la corteza mas compacta del trozo que formaba como un riñon o papa en medio de arcilla, i en seguida, sobre esta corteza, estaba embutida en su criadero mas poroso el amalgama *neutra*, sobre la cual, o a continuacion, se veian masas ramosas de la especie mas rica en plata: guardaba por consiguiente el amalgama neutra un lugar intermedio entre la primera i la tercera.

Amalgama de los Bordos.—Proviene de las minas de plata de los Bordos, parecida por sus caractéres a la pella natural de Méjico: en pequeñas masas irregulares, granudas; los granos presentan indicios de cristalizacion; color blanco de plata que no se ennegrece al aire; lustrosa, resplandeciente; la dureza a penas algo superior a la de espato calizo; agria i con facilidad se reduce a polvo en un morterito de ágata; con facilidad se disuelve en el ácido nítrico sin ausilio de calor. Sus compañeros, clorobromuro de plata i el cinabrio su criadero arcilloso, en partes porfírico: consta de

Plata.........	30.76
Mercurio......	68.34

Es la que tiene mas mercurio de todas $R^2 H^5$

En fin, se ha encontrado en las cordilleras situadas entre el Huasco i Copiapó, el año pasado (1857), un gran rodado de me-

tal que parecia plata nativa casi pura, i pesaba mas de 10 quilógramos, cuyo análisis dió por resultado:

Plata..........	79.4	(7 at.)
Mercurio......	20.6	(2 at.)

Este rodado, que puede considerarse como compuesto de un equivalente de arqueria por uno de amalgama nativa, es la única muestra que se conoce de esta nueva especie, adquirida por el gobierno de Chile para el museo nacional; tiene los caractéres interiores idénticos con los de la plata *vírjen*: el mismo color, lustre i maleabilidad. Solamente en la parte esterior se ve ennegrecido por una pequeña dósis de clorobromuro que se halla en su superficie mezclado con un poco de criadero arcilloso, caliso.

Se conocen por consiguiente hasta ahora siete especies de amalgama nativa cuyas fórmulas atómicas son las siguientes:

Amalgama de Arqueros......	$Ag^6\ Hg$
La del *Rodado* "	$Ag^7\ Hg^2 = Ag^6\ Hg + AgHg$
Am. ramosa de la Rosilla.....	$Ag^5\ Hg^3$
Am. neutra de la Rosilla.....	$Ag\ Hg$
Am. granuda de la Rosilla....	$Ag^3\ Hg^4 = 2AgHg + AgH^2$
Pella natural de Méjico......	$Ag\ Hg^2$
La semilíquida de Del Rio....	$Ag\ Hg^3$ (?)
La de los Bordos............	$Ag^2\ Hg^5$

Plata bismutal.—En hojillas i partículas mui pequeñas, blancas, lustrosas que con el tiempo toman un viso amarillento; forma a veces venillas angostas, i regulares que se distinguen por su gran lustre de plata i grano fino, en medio de un criadero blanco agrisado, acompañadas por el arseniuro de cobre, i a veces por el cobre sulfúreo. Esta especie, mui rara, solo se ha hallado hasta ahora en las minas de San Antonio del Potrero Grande (provincia de Atacama). Su criadero es en parte carbon atado caliso, en parte arcilloso. En la misma veta de donde se ha sacado esta especie, se halla tambien bismuto nativo hojoso, de hoja ancha, i plata nativa cobriza, como tambien arseniuro de cobre i cobre sulfúreo.

Una muestra analizada en 1845, de grano mui menudo, lustroso, igual, ha dado para su composicion.

	(1)	(2)	
Plata.............	60.1	84.70	(6)
Bismuto	10.1	15.30	(1)
Cobre............	7.8		
Arsénico	2.8		
Criadero..........	19.0		

Estos resultados ofrecen alguna duda a cerca de la verdadera

composicion de la especie pura, por la dificultad de hallar una muestra pura sin mezcla de plata nativa i cobre arsenical.

La muestra (2) analizada en 1865, es la mas pura i diseminada en partículas mui pequeñas, casi iguales en medio de un criadero arcilloso gris verdoso; al partir la muestra aparecen con color de plata pero luego se empañan partículas metálicas que se separan con facilidad de su criadero por medio de lavado.

2.ª *clase: especies de plata córnea*

Bajo el nombre de plata córnea se comprenden muchas especies minerales de plata mui distintas, en cuanto a su composicion, pero todas mui fusibles, blandas, de lustre de cera i todas se cortan en virutas como el cuerno, tomando mucho lustre en la cortadura.

Estas especies son: el *cloruro*, los *clorobromuros*, el *bromuro* el *ioduro*, i quiza unos iodobromuros.

A *Plata cornea blanca* (*Cloruro de plata*).—Color blanco, blanco agrisado i gris de perla: con el tiempo, sobre todo, por la accion de la luz, se vuelve negruzca i al mismo tiempo algo violada o azuleja: a veces se encuentra negra, aun cuando recien sacada de sus criaderos; i entónces parece que el color proviene de una pequeña proporcion de súlfuro de plata con que se halla mezclada.

Rara vez en masas o pegaduras gruesas; por lo comun diseminadas en granos irregulares i pequeños, en hojas mui delgadas i películas encostradas; i tambien cristalizada en octaedros o en cubos con esquinas o aristas truncadas, que creciendo forman el dodecaedro del granate. La superficie de los cubos plana o cóncava, i a veces un poco rayada paralelamente a sus aristas. Cristales por lo comun pequeños; por afuera lustrosos, aunque con el tiempo se pierde el lustre: los que se han encontrado en Chile son todos de clorobromuro i no de cloruro. La de Tres-Puntas suele formar venas de cloruro puro de 3 a 4 centímetros de grueso, sin color, fibrosas; las fibras perpendiculares a los planos de la vena.

Por dentro, lustrosa, lustre de cera. Estructura compacta; fractura concóidea, plana, sin crucero alguno: pasa de sumamente trasluciente a poco trasluciente en los bordes. Mui blanda, flexible i maleable: se deja cortar con un cuchillo en virutas; conserva en el corte su color, aumentándose el lustre. Ps. 5.64 —5.67.

Se funde a la llama de una vela: sobre carbon, se funde en un glóbulo, i al fuego de reduccion se convierte en plata, metálica. Con la sal de fósforo, agregando óxido de cobre, la llama toma un azul hermoso. Es volátil, i empieza a volatilizarse luego que está fundida. Los álcalis i las tierras alcalinas la reducen tambien con la mayor facilidad por la via seca.

Es insoluble en el ácido nítrico, pero se disuelve con facilidad en el amonico. Frotándola con el hierro o zinc húmedo, se

reduce, i toma un lustre metálico de plata. Haciéndola hervir con ácido sulfúrico i peróxido de manganesa en un matracito, despide vapor verdoso de cloro.

Su composicion es idénticamente la misma que la del cloruro de plata artificial; i por lo mismo consta de

Plata............	0,7532	
Cloro............	0,2468	Ag Cl.

Se halla siempre en alto de las vetas, acompañada con la plata nativa i a veces con la plata vítrea i plata roja. Su criadero consta las mas veces de espato calizo, bruno-espato i arcillas ocráceas amarillas o coloradas.

Entra en la composicion de una gran parte de los minerales de plata en América: abunda particularmente en Méjico, en las minas de Catorce; en el Perú, en las de Huantajaya; en Bolivia, en las minas de Caracoles, cuya riqueza consta casi toda de cloruro; en Chile, en las minas de Chañarcillo, donde se halla hasta la profundidad de 200 varas desde la superficie, i forma a veces guias de mas de una pulgada de ancho de mineral perfectamente puro, trasluciente, concrecionado: tambien en Lomas-Bayas, en Agua-Amarga, etc.

Los diferentes minerales de plata conocidos bajo los nombres vulgares de *pacos*, *colorados*, *negrillos*, *metales cenicientos*, etc., i que muchas veces parecen homojéneos en su estructura, son unas mezclas de plata córnea con plata metálica de grano mui menudo, de diversos carbonatos, de arcilla ocrácea; i a veces contienen la plata sulfúrea i plata roja, diseminadas en pequeñas proporciones.

PRINCIPALES VARIEDADES DE ESTA ESPECIE.

1 *Plata clorurada cobriza.*—Los minerales de plata de las provincias de Aconcagua i de Santiago son casi siempre cobrizos o mas bien son minerales de cobre platosos; pero rara vez es la veta de cobre platoso, particularmente en la cordillera de la Dehesa (Mapocho) que en sus afloramientos no haya dado algunas muestras ricas de cloruro de plata. Estos cloruros aun mui puros son por lo comun de un gris ceniciento i nunca toman matiz negro que tira a violado por la accion de la luz. La superficie de ellos es casi siempre como ampollada, o cubierta de pequeñas concreciones o tubérculos; en el interior se ven partículas de plata brillantes como venas reducidas. El mineral se deja cortar en viritas i las hojillas son sin color, traslucientes i aquellas aún las que al microscopio no presentan indicio alguno de plata nativa o puntillas verdosas, comunican a la llama de una lámpara color azulejo debido a la reaccion del cobre; introducidas en el amoniaco dejan resíduos mas o ménos considerables de plata metálica, tomando el hierro de la disolucion amoniacal color azul. Separada esta disolucion del resíduo i

neutralizada lentamente con el ácido nítrico diluido frio es, halla en ella despues de la filtracion un pequeño exceso de cloro que corresponde al cobre disuelto. Deduciendo del peso de plata metálica que se separa por el amoniaco i del cloruro de plata disuelto en este último, la proporcion del cloruro i del subcloruro de plata que entran en la composicion del mineral, i eliminando de los resultados la proporcion de carbonato de cal i de materia insoluble, hallo para la composicion de unas cinco muestras analizadas lo siguiente:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Cloruro de plata Ag a......	46.34	74.00	91.69	83.58	84.48
Subcloruro de plata Ag^2 a	50.33	23.32	6.76	16.06	13.88
Subcloruro de cobre Cu^2 a.	3.34	2.68	1.55	0.36	1.67

(1) (2) (3) Vienen de la Descubridora, en el cajon de la Yerba-Loca, mina perteneciente a don J. Villalon; (4) (5) de una mina de plata en la sierra del Algarrobo, abandonada, pertenecia a don Pedro Vargas.

2. *Plata clorurada mercurial.*—Mui a menudo el cloruro de plata natural contiene mercurio. El doctor don F. A. Moesta, analizó dos muestras, una de los Bordos, blanca que cambiaba lijero por la luz en gris violado, i la segunda de las guias Manto de Ossa en Chañarcillo, de color gris amarillento, las que le dieron por su composicion:

Plata........................	73.58	71.76
Cloro........................	24.42	24.68
Mercurio....................	1.31	0.07

Ultimamente, hallé entre los minerales traidos de Caracoles, una muestra que por sus caracteres esteriores se diferencia de las demas, i es, en la fractura recien hecha, de color pardo que tira a rojizo i en partes a amarillento, de contestura granuda ocrácea, que pasa en partes como a escamosa, la que por la luz se ennegrece, conservando algo del lustre semi-metálico; en la cortadura, amarillenta, o melada, lustre córneo, mas agrio que la plata córnea pura, se reduce aunque con alguna dificultad a polvo que conserva al abrigo de la luz su color pardo rojizo i amarillento claro. En un matracito se obtiene con facilidad un sublimado blanco mui volátil; con carbonato de sosa, sublimado de mercurio. Contiene 0.026 de subcloruro de mercurio.

B. *Plata córnea verde* (*Bromuro de plata.*)—El bromuro de plata se encuentra en la naturaleza en diversas proporciones combinado con el cloruro; i estos minerales se hallan en algunas minas de Chile, particulaamente en las de Chañarcillo, en mayor abundancia que el cloruro.

El *clorobromuro* es de color gris de perla verdoso o amarillento, a veces espárrago, pistacho o amarillo de limon verdoso:

con el tiempo, cuando se espone a la accion de la luz, se ennegrece, pero nunca se vuelve violado ni azulejo.

Se halla algunas veces en venas puras de 3, 4 hasta 12 líneas de ancho, *concrecionadas* o estalactíticas en la superficie, traslucientes i de color gris de perla verdoso, de poco lustre por fuera, de lustre de cera por dentro; otras veces diseminado en granos i partículas irregulares, o en pegaduras i costras delgadas de color amarillo, o verde amarillento: se halla tambien cristalizada en cubos i cubo-octaedros como el anterior: los cristales, de color verde espárrago o pistacho, por fuera lustrosos. Ps. 5.31—5.43.

Con dificultad se disuelve en el amoniaco, necesitando para esto a lo ménos cuatro veces mas de este reactivo que el cloruro; pero se ataca, i se descompone mui pronto por el hidrosulfato. Esperimentando con el ácido sulfúrico i peróxido de maganesa en un matraz, despide vapor amarillo de bromo.

Es tambien mucho mas fusible i volátil que el cloruro: al volatilizarse, se condensa en una masa amarilla.

Los demas caracteres son los mismos que los del anterior.

No se halla determinada todavia con bastante prolijidad la composicion de diversas variedades de esta especie. En jeneral, las que tienen color amarillento, i se hallan diseminadas en partículas mui irregulares, en costras i películas delgadas, contienen mas bromuro i por consiguiente una lei de plata menor que las que forman venas anchas concrecionadas de color gris de perla verdoso.—Examinadas tres muestras de aquella variedad, dieron en repetidas análisis:

	(1)	(2)	(3)
Plata................	0,652	0,654	0,652
Cloruro de plata..	0,510	0,528	0,510
Bromuro de plata	0,490	0,472	0,490

Las tres eran de las minas de Chañarcillo, de color mui hermoso amarillento: la (2) era acompañada con el arseniato de plomo, las otras dos con una pequeña proporcion de plata antimonial o sulfo-antimonial. Antes de someterlas a la análisis, se han purificado estas muestras de todas las sustancias estrañas, haciéndolas hervir consecutivamente con los ácidos acético, oxálico i nitrico. Esta composicion se diferencia mui poco de la que tuviera por fórmula AgCl+AgBr, que corresponde a 0,655 de plata**.

Otras cuatro muestras analizadas del mismo modo, y escojidas entre las *venas*, casi de una pulgada de ancho y de color gris verdoso, dieron

	(1)	(2)	(3)	(4)
Plata..........................	0,679	0,670	0,690	0,671
Cloruro de plata......	0,729	0,656	0,814	0,664
Bromuro de plata....	0,271	0,344	0,186	0,336

La última (4) viene de Quillota, de la mina conocida bajo el nombre de *Mina del Comandante;* las tres primeras provienen del Cerro de Chañarcillo**.

Todas estas *venas*, como tambien las muestras anteriores, son tan homojéneas i puras (algunas traslucientes como la cera), que seria imposible considerarlas como mezclas mecánicas: i segun toda probabilidad son verdaderos compuestos químicos. Algunas veces, cuando hai mezcla, se pueden distinguir a la simple vista las partículas blancas o negras del cloruro de las verdes o amarillentas del cloro-bromuro. Se hallan por ejemplo *papas o riñones* de plata córnea, en que la costra esterior, como de una media pulgada o mas de ancho, consta de cloro-bromuro diseminado en medio de una matriz arcillosa, ocrácea, i el interior, el *núcleo*, de cloruro negro, mezclado con plata sufúrea i plata roja.

Esta especie suele tambien contener mercurio. Dos muestras analizadas por el doctor F. A. Moesta, sacadas de las minas de Chañarcillo, le dieron:

	(1)	(2)
Plata................	64.07	61.40
Cloro................	11.12	8.81
Bromuro............	23.07	26.85
Mercurio............	1.78	2.99

(1) Amarilla verdosa, de la colorada; (2) mas granuda, amarilla cambia en gris verdosa.

Bromuro.—Berthier, a quien se debe el descubrimiento del bromo en los minerales de plata, encontró, hace años, en los minerales de San Onofre (mineral de Plateros, a 17 leguas de Zacatecas en Méjico) el bromuro puro de color verde aceituna, acompañado con el carbonato de plomo, carbonato de cal i de magnesia, hidrato de hierro, cuarzo i arcilla. Este bromuro se halla diseminado en partículas pequeñas concrecionadas o cristalizadas, en forma de octaedros regulares, truncados en todas sus esquinas i aristas. La parte mas pura del mineral, o la parte lavada (el relave) dió a Berthier:

Carbonato de plomo..............................	0,200
Arseniato de plomo..............................	0,550
Hidrato de hierro..................................	0,018
Cuarzo..	0,068
Bromuro de plata..................................	0,164
	1,000

En 1851 he encontrado en la mina llamada la Colorada en Chañarcillo el bromuro puro, cristalizado en cristales incompletos, que parecen ser unos cubos octaedros, de 3 a 4 milímetros

de diámetro, trasluciente, con superficie lustrosa, de color melado o amarillo rojizo, mui distinto del que suelen tener los cloro-bromuros, cuyo color aun en la fractura recien hecha tira siempre al verde. El bromuro cristalizado parece conservar su color en la luz difusa mucho mejor que las especies anteriores: es tambien mas quebradizo que el cloruro i se reduce sin mucha dificultad a polvo en un mortero de ágata. Su contextura compacta.

Dos análisis hechas sobre dos muestras distintas me han dado

	(1)	(2)	puro deberia tener
Plata.......	0,562	0,571	0,579
Bromo.....	0,438	0,429	0,421

La muestra (1) proviene de un trozo de mas de 10 libras de mineral que contenia a un tiempo ioduro puro, plata nativa granuda y bromuro en cristales grandes agrupados, mal formados. Los cristales espuestos por mucho tiempo a la accion de la luz difusa toman un color gris amarillento; introducidos en el amoniaco pierden su color casi enteramente.

En el cristal, (1) cuyo análisis se cita, he reconocido la presencia de iodo.

El bromuro puro separado de sus criaderos, consta de

Plata....	0,580	
Bromo...	0,420	Ag Br.

C *Plata cornea amarilla.* (*Ioduro de plata R.*)—Amorfa, en pequeñas masas diseminada, en pegaduras i tambien cristalizada en prismas rectos hexágonos irregulares. Color amarillo de azufre claro, amarillo de limon i a veces algo verdoso; los cristales casi sin color: no se ennegrece ni aun por la accion directa de la luz del sol, por mas que esta accion se prolongue. Lustre de cera mas vivo que el de la plata córnea blanca o verde: pasa a veces a lustre de vidrio.

Estructura hojosa imperfecta: parece tener dos cruceros fijos, cuyo ángulo es difícil de determinar: a mas de esto, presenta en el interior rajaduras en todos sentidos. Es trasluciente, las pequeñas hojillas trasparentes, casi sin color: un poco mas blanda que las anteriores, pero no es dúctil, i se reduce a polvo con la mayor facilidad, aun cuando fundida. Ps. 5,504.

Es un poco ménos fusible que la plata córnea verde: al fundirse, se vuelve roja; i despues de enfriada, toma un color verde oscuro, o bien un color gris i lustre semi-metálico.

Sobre carbon, se funde en un glóbulo, el que se cubre luego con una infinidad de globulitos mui blancos i brillantes de plata, i deja una pegadura verdosa por el lado a donde se dirije la llama.

Es casi insoluble en el amoniaco; pero se desco ≌ pone con la mayor facilidad por el hidrosulfato de amoniaco.

No se reduce a frio ni por el hierro ni por el mercurio.

Calentada con ácido sulfúrico i peróxido de manganesa en un matracito, emite vapores violados mui hermosos de iodo. El ácido nítrico concentrado la descompone; i al momento de principiar a hervir, se desarrolla el vapor violado, el cual luego desaparece, i despues vuelve a aparecer, cuando el ácido empieza a enfriarse. El ácido muriático la disuelve; i agregando agua, el licor se enturbia, dejando un precipitado que se ennegrece.

Su composicion es la misma que la del ioduro de plata artificial, es decir:

Plata.......	0,4679	
Iodo......................	0,5321	Ag I **

Don F. A. Moesta halló en una muestra de clorobronuro de de plata, 1.73 por ciento de iodo.

Este mineral se ha descubierto en varias partes de Chile, particularmente en las minas de los Algodones a doce leguas de Coquimbo, en una veta que atraviesa los pórfidos estratificados segundarios; i tambien en la mina del Delirio en Chañarcillo de donde provienen las muestras mas hermosas de este mineral, i en varias otras vetas cerca de la superficie, en Tres-Puntas i Cabeza de Vaca. Se halla diseminado en una matriz compuesta de carbonatos de cal, hierro i manganesa, i de una arcilla colorada mui fina: aparece por lo comun en la parte superior de la veta cerca de la superficie; i no se halla acompañado con ninguna otra especie de mineral de plata, ménos con el bromuro i plata blanca. Profundizándose la misma veta, se encuentran, primero, unos cloro-bromuros verdes, i mas abajo el cloruro puro con plata sulfúrea.

Herrera descubrió el mismo mineral en Albarradon junto a Mazapil, en Méjico: Vauquelin fué el primero que lo analizó, i del Rio lo describió del modo siguiente: Blanco agrisado por refraccion, i blanco de plata en las caras pegadas íntimamente a la esteátita: las caras que están al aire, de un gris de perla que tira a azul de espliego. Se halla en hojillas mui delgadas entre las comisuras de la esteátita, de lustre metálico las blancas, i de cera las grises. Fuertemente trasluciente; raspadura de lustre de cera i semi-metálico: las hojillas flexibles sin elasticidad: no se disuelve en el amoniaco. Al soplete sobre carbon, se derrite a la primera impresion de calor, i se pone rojizo, dando humo que tiñe la llama con un hermoso violado, i esparce en el carbon globulillos de plata.

Plata córnea amarilla mercurial.—Ioduro doble de plata i de mercurio. Tocornalit). Amorfa, de color amarillo como las mas muestras de plata iodurada, pero se oscurece con la accion de la luz, pasando a gris negruzco, i a negro; estructura granuda de grano grueso, parte algo porosa, lustre débil córneo. Blanda,

agria, con facilidad se reduce a polvo mui ténue, amarillo, que cambia con mayor lijereza que el mineral no molido. Al soplete produce mucho humo espeso; en un matracito da agua, sublimado amarillo seguido de otro, mezclado con partículas metálicas de mercurio, terminado por un anillo rojizo; con adicion de litarjirio o de carbonato de sosa, mercurio. Con facilidad se reduce por el zinc i agua acidulada; atacable por el ácido nítrico, o por ácido sulfúrico i bioxido de manganesa etc.
consta el

di plata	38.80	ioduro de plata	92.05 Ag I
mercurio	3.90	subioduro de mercurio	7.95 Hg^2 I
iodo	41.77		
sílice hidratada i cuarzo.			

Tiene por criadero una masa cuarzosa, en partes hidratada, en la proximidad de la cual aparecen puntillas rojizas de color de ladrillo mui pequeñas, probablemente de proto ioduro.

TERCERA CLASE.—ESPECIES MINERALES DE PLATA SULFÚREA, SULFOANTIMONIAL, SULFOARSENICAL I SEENIADA.

Plata sulfúrea (plata vítrea, plomo ronco, azul plomillosa, negrillo, petlanque negro): en chapas i pegaduras, denticular, filamentosa, ramosa, etc., i tambien cristalizada en cubos, octaedros i dodecaedros. Color gris de plomo, lustre metálico, por fuera poco lustrosa, la raspadura mui lustrosa. Es algo dúctil, flexible, resistente, se deja cortar con el cuchillo en virutas i tan fusible que se derrite al apuntar el calor rojo. Atacable por el ácido muriático con desarrollo de hidrójeno sulfurado; al soplete reductible con desarrollo de ácido sulfuroso.—El calor solo no la descompone si no hai contacto del aire. Contiene 87.1 por ciento de plata.

En Chile, se halla casi en todas las minas de plata de los departamentos de Copiapó, de Huasco i de Coquimbo, pero solo en las de Tres-Puntas en cantidad considerable. La de Chañarcillo casi siempre denticular, en las concavidades en medio de un criadero carbonatado, sin lustre, o bien en partículas finas, mezclada con cloruro de plata i rosicler oscuro; se halló en la mina Dolores en octadro mas de un centímetro de diámetro, con cristales prismáticos de plata sulfoantimonial, sobre cristales de súlfuro; la de Tres-Puntas cristalizada en cubos que se agrupan formando ramilletes; la de Famatina (provincia Arjentina) globulosa, o concrecionada. En Méjico en todas las minas principales como las de Guanajuato, Zacatecas, Catorce, etc.

Plata sulfúrea ferrujinosa (Sternbergeria) en tablas exágo-

nas, divisibles en hojillas, color gris de hierro, dócil: no se ha hallado todavia en América i consta segun Haidinger de

Plata	33.2
Hierro	36.0
Azufre	30.0
	99.2

Rosicler claro (ruby-blende, sulfoarseniuro de plata).—En masas, diseminado i cristalizado mas comunmente en pirámides que en prismas i en dodecaedros metastáticos como el espato calizo, formando como en éste las aristas de la base comun zigzaque i apuntado ademas obtusamente con tres caras puestas sobre las aristas obtusas; tambien en agujas, i en pequeños cristales agrupados en ramilletes. Cristales pequeños, lustrosos, a veces traslucientes. Color rojo de cochinilla que pasa por un lado al de carmin i por otro a un color intermedio entre el rojo i gris de plomo. Lustre de diamante. Estructura de grano mui pequeño. Raspadura roja de aurora i lustrosa, que pasa a la de cochinilla clara. Blando 2 a 3; dócil, Ps. 4.5 a 5.6.

Al soplete en el matraz se funde i se vuelve negro sin descomponerse: sobre carbon, despide un olor arsenical mui débil; pero mediante un fuego de oxidacion mui activo, sobre todo agregando un poco de sosa, se obtiene plata pura. Inatacable por el ácido muriático.

Su composicion:

	(1) De Chile.	(2) De Annaberg por Rose.	(3) De Chile.	(4) Freyberg.
Plata	63.85	64.67	66.33	63.88
Hierro	0.96	" "	" "	" "
Cobalto	0.19	" "	" "	" "
Arsénico	13.85	15.09	20.18	14.32
Antimonio	0.70	0.96	" "	" "
Azufre	18.00	19.51	13.11	21.80
Criadero	1.60	" "	0.40	" "
	99.15	99.96	100.02	100.00

La muestra (1) viene del Carrizo, departamento de Hausco Alto i es de color rojo carmin claro, trasluciente, amorfo.

La otra (3) proviene de las minas de Ladrillos, en Copiapó, negra en la superficie, su raspadura de color rojo que tira a pardo de ladrillos; amorfa.

Sus compañeros mas constantes son el arsénico nativo, el ar-

seniuro i sulfoarseniuro de hierro, el cobalto arsenical, la blenda, la plata sulfúrea, el espato calizo, etc.

Esta especie se halla mui a menudo en minas de plata de Chile, las mas veces acompañada por el arsénico nativo. En este caso suele hallarse en forma de agujas mui pequeñas i cristalitos, dentro de los poros del arsénico, o bien en cintas mui angostas, embutidas entre las partes separadas del arsénico testáceo. Pero tambien en grandes hermosos cristales traslucientes mui lustrosos de color rojo claro de rubí, de formas complicadas que produce el escalenoedro, las caras terminadas por lo comun mui lustrosas, las laterales rayadas, a veces forma dendritas i ramificaciones en la superficie del criadero; por lo comun en masas amorfas, irregulares. Suele engañar por su color i homojenecidad, sin tener la lei en plata que le corresponde: de manera que trozos grandes de este mineral que parecen ser de rosicler casi puro no son a veces sino mezclas de esta especie con arsénico o arceniuro de hierro. Abunda en las minas de Tres-Puntas, en las de Carrizo de Turnas, de Chañarcillo, de Punta-Brava.

La variedad (4) de Freyberg, analizada por Platner, tiene raspadura amarilla i forma algo distinta: por esto Dana la describe como una especie diferente de las anteriores i la llama *xanthocona.*

Rosicler oscuro (rothgültigerz: nochistle i petlanque de Méjico). En masas, diseminado, dendrítico i cristalizado. Su forma primitiva es un romboedro de 108.30'; entre las formas habituales se ven cuatro diversos romboedros segundarios, otros tantos dodecaedros de triángulos escalenos i un prisma hexágono, terminado por las caras de los romboedros o por las pirámides de seis caras. De la combinacion de estas caras resultan formas mui complicadas. Es de color rojo de cochinilla i a veces gris de plomo oscuro; muchas veces negro en la superficie, pero en su fractura i raspadura es siempre rojo de cochinilla mas o menos oscuro i de mucho lustre. Es opaco, o trasluciente en los bordes, los cristales a veces traslucientes, lustre de diamante; blando, quebradizo: p. esp. 5.83 a 5.9.

Al soplete, chrisporrotea algo sobre el carbon, se funde, arde i humea como el antimonio; en el tubo abierto da olor sulforoso i un sublimado blanco; el glóbulo que queda despues de soplar algun tiempo es de plata; en el matraz se funde sin descomponerse. Inatacable por el ácido muriático.

Se halla en vetas con plata sulfúrea, ágria, dúctil, antimonial, etc.: entra en la composicion de los principales minerales de Guanajuato, Zacatecas, etc., en las de Aullagas i de Huanchaca en Bolivia, i en las de Famatina en las provicias arjentinas. Las minas que en mayor abundancia producen este mineral en Chile son las de Tres Puntas, de donde se han estraido cantidades inmensas de rosicler oscuro, amorfo, de estructura hojosa imperfecta, o granuda; constituye la principal riqueza de los minerales de la Salvadora, la Alfinhallada, i sobre todo de la Buena

Esperanza, de donde he visto sacar masas de rosicler como de media vara de diametro.

Consta de

	(1) BOLIVIA.	(2) CHILE.	(3) MÉJICO.
Plata..........	52.7	53.24	57.45
Antimonio......	23.0	21 24	24.59
Azufre.........	14.9	16 92	17.76
Hierro.........	1.7	0.67	" "
Zinc...........	2.8	0.40	" "
Criadero.......	4.5	7.53	" "
	99.6	100.00	99.80

(1) De Aulliagas; amorfo, i en prismas de seis caras terminados por las caras del romboedro obtuso.

(2) De Tres Puntas; amorfo, de estructura hojosa imperfecta: —por don Anselmo Herrera. Es de color negro algo rojizo, lustre metálico, su polvo rojo de cochinilla oscuro. $St^2 S^3.3 AgS$.

(3) De Zacatecas por Boettiger.

Rosicler negro (Sproedglanz erz, Stephanite, azul acerado de Méjico, plata agria compacta, del Rio). En cristales que segun Philips derivan de un prisma rombal de 107°, con un crucero doble del mismo ángulo, imperfecto, mui lustroso. Es mui ágrio, quebradizo, de color negro de hierro; su polvo del mismo color sin el menor reflejo rojizo. Mui fusible; en un tubo abierto da mucho humo antimonial i olor a ácido sulfuroso. Mui atacable por el ácido nítrico aun a la temperatura ordinaria.

Composicion:

	(1) ANDREASBERG.	(2) CHILE.
Plata............	68.4	65.1
Antimonio........	15.8	18.8
Azufre...........	16.5	15.4
Hierro...........	0.1	"
	100.8	99.3

(2) Viene de la mina de San Francisco en Chañarcillo; donde se halla en pequeños cristales lustrosos, rayados en la superficie, acompañados por la galena i rosicler oscuro.

Miarjiria. De color negro de hierro, lustre metalico, raspadura de un rojo de cereza. Su forma deriva de un prisma rombal oblicuo de 93° 56′, cuya base forma con el eje un ángulo de 101° 6′: peso específico 5.2 a 5.4 Es un mineral mui escaso: segun del Riose halla en las minas de Méjico no cristalizado i siempre tomado de hierro pavonado.

El mismo mineral se halla en cantidad notable en algunas minas de Tres Puntas, particularmente en la de Alfinhallada en la cual suelen los mineros equivocarla con el rosicler oscuro.

La miarjiria de Tres Puntas es amorfa en masas irregulares, homojéneas, de color gris de acero que tira a rojo, lustre metálico, raspadura i polvo de color rojo cereza oscuro, opaca; estructura granuda de grano mediano; fractura plana o desigual; dureza algo superior a la de los rosicleres.

Composicion: (1) de Braunsdorf cerca de Freyberg, analizado por Rose; (2) de Tres Puntas, analizado por los señores Sotomayor i Cortez en el laboratorio del Instituto de Santiago.

	De Freyberg	Tres Puntas.	
Plata......	36.4	37.30	
Antimonio..	39.1	41.95	
Cobre......	1.1	—	
Hierro......	0.6	1.05	
Azufre......	21.9	19.69	
	99.1	99.99	Ag. S+S 6² 5²

Es mui fácil equivocar la miarjiria con ciertas variedades amorfas de rosicler antimonial que tambien producen las mismas minas de Tres-Puntas i tienen por fuera el mismo color agrisado rojizo con lustre semi-metálico que la miarjiria, la misma contestura granuda, i su polvo el mismo color rojo cereso o pardo rojizo que esta última. Estos minerales son de lei en plata variable, a veces casi la misma o mas baja que la de la miarjiria; pero contienen a un tiempo antimonio i arsénico, i miéntras mas arsénico contienen, mas pardo es el color de ellos. A veces se distinguen en las fracturas recien hechas, partículas de arseniuro en medio de rosicler; por lo comun la mezcla es íntima i el mineral homojéneo.

Para dar una idea de lo variable que es la composicion de estos minerales, citaré la de dos muestras analizadas, estraidas de las minas de Tres-Puntas:

	(1)	(2)
Plata.........	54.42	37.10
Azufre.......	15.90	10.83
Antimonio....	21.50	17.33
Arsénico......	2.35	22.87
Hierro........	2.07	9.92
Cobalto.......	0.43	—
Criadero......	1.71	2.20
	98.38	99.29

(1) Mui homojéneo, lustroso, por fuera de color gris metálico que tira algo a rojo: es una mezcla íntima de rosicler antimonial i de arseniuro de cobalto ferrujinoso.
(2) Mezcla del mismo rosicler con arseniuro de hierro ménos lustroso i ménos homojéneo que el anterior; al golpe de martillo exhala olor arsénical.

Plata arsenical.—No está suficientemente probada la existencia de esta especie en la naturaleza. La de Andreasberh, analizada por Klaproth, que es de color blanco de estaño, de estructura granuda, quebradiza, es, segun toda probabilidad, mezcla de arseniuro de hierro i antimoniuro de plata.

Plata seleniada.—Los seleniuros de plata hallados hasta ahora en las minas de Chile i de las Repúblicas vecinas son las siguientes:

Eucairita.—De un gris de plomo, poco lustroso, estructura granuda; mui fusible, exhala en la calcinacion olor peculiar de selenio i en el tubo abierto da un sublimado rojo acompañado de algo de sublimado blanco de ácido selenioso, que despues, enfriándose, poco a poco desaparece; mui soluble en el ácido nítrico sin depósito de azufre; el licor tiene color azulejo de cobre. Forma una vena metálicade 12 a 15 milímetros de anchura entre dos salbandas silicatadas angostas, con puntillas de óxido negro de cobre i de carbonato verde. Una muestra de este mineral que tengo proviene, segun su rótulo, de Aguas Blancas (Copiapó); otra de la mina Bolaco, mineral llamado Flamenco.

Claustalita platosa.—Poliseleniuro de plata, plomo, cobre, hierro i cobalto, de las minas de Cacheuta, a unas doce leguas al oeste de Mendoza. De estas minas se han sacado muchas variedades de este mineral, mui parecidas por sus caractéres esteriores i variables en su composicion. Todas de color gris de plomo que tira algo a azulejo; raspadura gris metálica, negrusca, estructura granuda de grano pequeño; se corta con facilidad con un cuchillo; dureza 2.5, densidad de 6.3, i 6.8 a 7.2. Todas mui fusibles; sobre carbon, despiden olor característico de selenio; en un tubo cerrado, dan un poco de agua que proviene del criadero i un sublimado negro i rojo mas o ménos abundante; en un tubo

abierto sublimado como el de eucairita; mui atacables por el ácido nítrico i con dificultad por el ácido muriático en ebullicion; en este último con algo de desprendimiento de hidrójeno seleniado i de selenio. Todos se hallan mas o ménos penetrados de carbonato de plomo.

Las muestras que contienen plata en proporcion notable contienen a un tiempo cobre, i en tal caso, presentan en su estructura manchas azulejas i verdes. Cuando éstas desaparecen el mineral es solamente seleniuro de plomo. El mineral mas rico en plata se halla en los afloramientos de la veta i cerca de la superficie; da por lo comun al soplete reaccion de cobalto. Las variedades que tienen poca plata i poco cobre se parecen mucho a la galena.

Composicion:

	(1)	(2)	(3)	(4)
Plomo	43.5	6.80	37.1	59.8
Plata	21.0	20.85	9.8	—
Cobre	1.8	12.91	10.2	—
Hierro	2.2	3.10	1.2	0.2
Cobalto	0.7	1.26	2.8	—
Selenio	30.0	22.40	30.2	23.6
Criadero ferrujinoso	—	—	6.5	3.5
Carbonato de plomo	—	—	—	10.9

(1) Acompañada de carbonato de plomo i de cobre.
(2) En ésta como en la anterior lo que falta de peso es carbonato de plomo.
(3) Mineral purificado por el ácido acético.
(4) Tomado a hondura de 12 a 14 metros de la superficie.—(Véase el segundo apéndice al *Reino Mineral*, páj. 38.)

4.ª CLASE.—POLISULFUROS DE PLATA, COBRIZOS.

Plata sulfúrea cobriza (Kupfersilberglanz, plata dócil de del Rio) —Siendo el súlfuro de plata AgS isomorfo con el subsúlfuro de cobre Cu^2S, se hallan estos dos súlfuros combinados en todas proporciones en la naturaleza. De esto resultan varias especies minerales, todas de color gris de acero que tira unas veces a gris de hierro, otras veces a gris de plomo oscuro, a veces tomado de azulejo oscuro. En masas, diseminada, i una especie que consta de Cu^2S+AgS cristalizada: la forma de esta última es la misma que la de cobre sultúreo simple. Estructura granuda de grano fino que pasa a veces a hojosa encubierta, mui imperfecta. Las de grano mui fino tienen fractura plana o desigual. Lustre metálico, algo empañado por fuera, raspadura lustrosa. Blandas, se

dejan cortar con el cuchillo i toman lustre debajo del acero. Dóciles, reciben impresion con el martillo.

Al soplete se funden facilmente; olor sulfuroso, algunas variedades esparcen tambien algo de olor arsenical i producen un poco de sublimado blanco en un tubo abierto.

Se parecen mucho al cobre sulfúreo i con dificultad se distinguen de este último por sus caractéres esteriores; pero se disuelven con facilidad en el ácido nítrico i sus disoluciones dan precipitado abundante por el ácido muriático.

La especie cristalizada es la única que se conoce en el antiguo continente. Esta misma se ha hallado tambien en Chile, pero en pequeña cantidad i siempre amorfa: la mas pura (1) proviene de las minas de plata de Copiapó i se distingue por su color negro de hierro, lustre mui vivo, metálico que tira a vidrioso, (parecido al de la burnonia), estructura compacta, fractura concoidea, mui fusible; la segunda (2) proviene de la mina de Santa Rosa de Arqueros (Coquimbo), es de color gris metálica que tira a azulejo; estructura granuda de grano pequeño, blando, quebradizo; se disuelve con mucha facilidad en el ácido nítrico dejando un resíduo ferrujinoso.

Composicion:

	Copiapó.	Coquimbo.
Plata..........	50.1	55.00
Cobre..........	31.0	28.62
Azufre.........	15.8	14.18
Resíduo........	2.0	—

No son raros en Chile varias otras especies que contienen de 12 hasta 30 por ciento de plata i se estraen particularmente en las provincias de Aconcagua i Santiago, donde son mui escasas las especies minerales de plata pertenecientes a las tres clases anteriores.

Todas las especies de este mineral, aun las que forman masas que parecen como compuestas de ejes de cobre mui puro, se hallan intimamente mezcladas con un criadero algo arcilloso i ferrujinoso. El terreno en medio del que se encuentran es de pórfidos estratificados. Las minas de donde tengo muestras mas puras son: la de San José en Catemo, actualmente agotada i abandonada, la de San Pedro Nolasco de la provincia de Santiago, que no produce actualmente sino especies pobres en plata, i la de San Lorenzo, del departamento de San José, de donde, hace doce años, cantidades considerables de esta especie se han estraido i se estraen todavía. Esta última casi no produce otras especies minerales de plata que súlfuros de cobre con una lei de plata variable.

Hé aquí la composicion de algunas especies de Chile:

	(1) Catemo.	(2) Catemo.	(3) S. Pedro Nolasco.	(4) San Lorenzo.	(5) San Lorenzo.
Cobre	60.58	53.94	53.38	33.05	30.3
Plata	16.58	24.04	28.79	29.10	13.3
Hierro	2.31	2 09	—	2.10	5.3
Azufre	20.53	19.93	17.83	19.60	20.0
Arsénico	—	—	—	1.80	2.0
Criadero	—	—	—	14.50	26.4
	100.00	100.00	100.00	100.15	97.3

(1) i (2) especies puras, eliminado por el cálculo el criadero; en medio de una ganga porfírica: de Catemo.

(3) De San Pedro Nolasco: con espato perlado, galena i cobre gris arsenical; de estructura hojosa, pequeña, mui imperfecta. Siempre mezclada con un criadero gris ceniciento, arcilloso que forma mas de la tercera parte del peso de los pedazos aun mas puros del mineral.

(4) i (5) de la mina de Gonzalez de San Lorenzo. Todas las variedades del mineral de esta mina contienen arsénico, cuya proporcion pasa a veces de 4 a 5 por ciento. El exceso de azufre que dan estos dos análisis pertenece probablemente a un sulfoarseniuro de hierro que se halla mezclado con las especies principales. La primera de ellas (4) tiene su composicion atómica $AgS+2Cu^2S$ i la segunda (5) $AgS+4Cu^2S$.

Del Rio encontró minerales de la misma especie en Méjico, en Ramos; i tambien parece que los negrillos cobrizos del Perú son de la misma naturaleza.

Polibásita (plata ágria hojosa de del Rio).—En masas, diseminada i cristalizada. Esta última en tablas exágonas, rayadas a veces triangularmente con las caras laterales oblicuas, que corresponden a un romboedro: crucero por la base. Color gris negro de hierro: mucho lustro i raspadura negra: dócil. Se parece mucho al hierro espejado.

Sobre carbon, no se forma pegadura, huele algo a arsénico, i retiene azufre con mas tenacidad que la plata sulfúrea, dando un glóbulo gris oscuro.

Se ha encontrado en Méjico en Durango, Zacatecas, Guanajuato, etc.

Dos variedades de esta misma especie amorfa se han encon-

trado en las minas de Tres Puntas, en Chile: la una que es *polibasita compacta,* coincide bien en sus caractéres con la que acabo de describir: es de color negro de hierro, mui lustrosa, de estructura compacta, fractura concoidea pequeña; mui agria i mas dura que la otra; se halla en pequeñas masas irregulares i diseminada; presenta a veces indicio de tablas exagonales. La segunda, es *polibásita escamosa,* de color gris de acero, ménos lustrosa que la primera; de estructura hojosa pequeña i en escama diseminadas en medio del creadero.

Muestras bien cristalizadas del mismo mineral, en forma de hojas exágonas mui lustrosas agrupadas, aparecieron en una de las minas de Arqueros con plata mercurial; pero las mas hermosas i no escasas, segun Pflücker, se hallaron en el Perú en la mina de plata de Quispisika, provincia de Castro-Vireina, acompañado de rosicler, plata sulfúrea, i de cuarzo amatista.

	(1) De Méjico.	(2) Tres Puntas.	(3) Tres Puntas.
Plata.............	64 29	64.3	62.1
Cobre.............	9.93	9.0	6.0
Hierro.............	0.03	0.7	1.1
Antimonio..........	5.09	4.2	9.5
Arsénico...........	3.74	4.1	,,
Azufre.............	17.04	16.1	15.3
Criadero...........	,,	1 6	6.0
	100.12	100.0	100.0

En las tres muestras la cantidad de azufre que corresponde a los súlfuros básicos es triple de la que pertenece a los súlfuros electronegativos; de manera que la fórmula jeneral de la polibásita es

$$9\ (Ag.\ Cu^2)S+(St.Ar)^2S^3$$

La diferencia entre las dos últimas consiste en la proporcion de las dos sulfobases isomorfas i en que la segunda especie de Tres Puntas no contiene arsénico.

La muestra (1) es *cristalizada,* de Méjico, analizada por Rose.

La segunda (2) es *polibásita compacta* de la Buena Esperanza en Tres Puntas; acompañada por la plata sulfúrea, la galena i el rosicler oscuro ".

La tercera (3) es *polibásita escamosa* de la Alfinhallada de Tres Puntas: mas abundante que la anterior i acompañada por la pirita.

Cobre gris platoso (Fahlerz, metal gris de del Rio).–Tiene los mismos caractéres que el cobre gris antimonial. Se halla en pequeñas masas, diseminado i cristalizado en tetraedros piramidales. Raspadura negra, sin lustre; es blando i algodócil.

Se ha hallado en el cerro de Hualgayoc, en el Perú; en Oruro i Aullagas en Bolivia, i tambien en Tres Puntas en Chile. Su composicion es variable.

Hé aquí unas tres especies que se encuentran en Chile i Bolivia.

	(1) De Aullagas.	(2) De Oruro.	(3) De Chile.	(4) de Cualgayoc
Cobre............	23.8	27.1	18.0	20.80
Plata............	8.0	14.3	36.9	23.95
Hierro...........	4.7	6.6	3.7	3.55
Plomo...........	,,	,,	2.4	,,
Zinc..............	10.0	0.6	5.2	,,
Antimonio........	30.5	28.3	6.9	37.07
Arsénico..........	,,	,,	6.2	0.97
Azufre...........	22.0	21.0	20.7	23.37
	99.0	97.9	100.0	99.71

(1) De las minas de Aullagas en Bolivia, amorfo, en pequeñas masas irregulares, de color gris de acero, bastante lustroso.

(2) De Oruro; cristalizado, en cristales mui imperfectos; por fuera rayado, con poco lustre; en la fractura mucho lustre, estructura granuda.

(3) De Tres Puntas: amorfo íntimamente mezclado con un criadero inatacable por los ácidos que se halla en proporcion de 33 por ciento en las muestras que parecen homojéneas: poco lustrosa—color gris de acero.

(4) De Gualgayoc; gris de hierro oscuro, blando, amorfo.

5.ª *Clase de especies minerales de plata: polisúlfuros plomisos.*

Plata gris (schilfglaserz, weisgültigerz, freislebenite, plata gris clara, plata gris oscura de del Rio) varias especies minerales de plata plomizas pertenecen a este jénero, i contienen cantidades de plata mui variables: por esto reina cierta confusion en la descripcion de ellas.

La que se conoce en Alemania bajo el nombre de schilfglaserz, plata sulfúrea en juncos) es de color gris de plomo que se acerca a gris de acero. Cristaliza, segun Hausman en prismas de seis caras, terminados por unos biseles, o bien en prismas de cuatro caras oblícuos, cuyos ángulos laterales son de 91° i 89°. Su fractura en parte concoidea en parte desigual: peso específico 6,194. Al soplete da reaccion de azufre, antimonio, plomo i plata.

Breithaupt, describe otra variedad del mismo mineral en prismas rombales rayados fuertemente a lo largo como juncos, visibles por la base i poco ágrios: peso esp. 6 37.

Segun del Rio, la de Pabellon en Sombrerete, se halla en pris-

mas exágonos de 9 líneas de largo, apuntados por doce caras, etc.: las caras laterales lisas; de color gris de plomo, casi resplandeciente; fractura concoidea pequeña; raspadura del mismo color, pero mui oscuro: blanda i dócil. Al soplete se reduce sin olor de ajo dejando en el carbon una pegadura blanca i amarilla.

Hállase tambien en Bolivia, en las minas de Huallagas, de Huanchaca, i probablemente en varias otras, un mineral de esta especie en masas bastante puras i no mui pequeñas, de color gris de plomo claro, amorfo, homojéneo, de bastante lustre que no se empaña con el tiempo, de estructura granuda fina; su raspadura casi negra metálica. Tiene los mismos caractéres que el schilfglaserz de Hausman i la plata gris clara de del Rio.

Otra especie distinta de éstas pero parecida a la weisgültigerz de Freyberg, se halló en las minas de Carriso, departamento de Huasco Alto en Chile. Esta especie es tambien amorfa, bastante homojénea, íntimamente mezclada con carbonato de cal. Su color es de un gris de plomo oscuro; estructura granuda de grano grueso, fractura plana que pasa a desigual; ménos ágria que la anterior i de ménos lustre. No contiene mas que 6.2 por ciento de plata miéntras que la anterior contiene mas de 21 por ciento de este metal.

Segun esto, dos subespecies podremos establecer de plata ágria: la una de *plata agria clara* idéntica con el schilfglaserz i la otra de *plata ágria oscura* parecida al weisgültigerz.

Composicion:

	PLATA AGRIA CLARA.		PLATA AGRIA OSCURA.	
	(1) Freyberg.	(2) Bolivia.	(3) Freyberg.	(4) Chile.
Plomo	30.0	29.1	41.0	39.3
Plata	22.2	21.4	9.3	6.2
Cobre	1.2	„	„	3.3
Hierro	0.1	1.0	1.8	1.2
Zinc	„	0.8	„	1.1
Antimonio	27.7	26.7	21.5	27.5
Azufre	18.8	20.1	22.0	19.0
	100.0	99.1*	95.6	97.6

(1) Especie cristalizada, analizada por Woehler.

(2) Viene de las minas de Bolivia. La misma especie forma tambien masas porosas o cavernosas; el interior de los poros es negro, miéntras que en la fractura, sobre todo en los bordes de las concavidades se ven hojas mui lustrosas, de color gris de plomo mui claro. Su compañero es el rosicler oscuro. Su fórmula de composicion

$$3\ (Pb\,Ag)\ S+{}^{2}St^{2}S^{3}$$

(3) de Freyberg: por Kloproth.

(4) de Carriso en Chile: sus compañeros son el rosicler oscuro el mispiquel, la blenda, el cobre gris, la galena; pero en la colpa que se ha analizado no se veia indicio alguno de estos minerales. Su fórmula.

$$3\ (Pb,\ Ag, Cu^{2})S+St^{2}S^{3}$$

A mas de estas especies de polisúlforos plomizos, aparecen entre los minerales de Bolivia algunas especies que son al mismo tiempo cobrizas i plomisas: como, por ejemplo, la siguiente, analizada por don Antonio Ramirez en el laboratorio del Instituto.

Plata	5.6
Cobre	15.6
Plomo	15.2
Antimonio	47.4
Azufre	14.6
Hierro	2.5
Criadero	0.2
	101.1

Es amorfa, de color gris de acero oscuro, estructura granuda fina, de poco lustre. Viene de las minas de Carachape donde la llaman *espejado.*

Existe tambien en las minas de Schapbach en Baden i en las de Mansfeld un *polisúlfuro de plata plomiso i bismutal*, llamado wismuthsilbererz que tiene color gris de plomo claro: se empaña al aire: ágrio, amorfo, a veces cristalizado en agujas. Esta especie no se ha hallado hasta ahora en América: consta segun Klaproth de

Plata	15.0
Bismuto	27 0
Plomo	33.0
Hierro	4.3
Cobre	0.9
Azufre	16.3
	96.5

§ II.—MINERALES (METALES) DE PLATA EN JENERAL, I EN PARTICULAR LOS DE CHILE.

Siendo los minerales de plata, en el estado en que se sacan de las minas i se benefician, unas mezclas de las *especies minerales*, que se acaban de describir, el conocimiento de la composicion de esos minerales i de sus criaderos es tan importante, sea para el beneficiador, sea para los ensayadores, como el estudio de las mismas especies.

Tomando en consideracion la naturaleza de los minerales i de sus criaderos, con respecto al beneficio que requieren en grande, i a la utilidad que se puede sacar de ellos, se podrán dividir en cinco clases los minerales de plata mas abundantes en Chile.

1.ª *Clase. Minerales de plata metálica.*—A esta clase pertenecen todos los minerales de Arqueros, la mayor parte de los de San Antonio i de Cabeza de Vaca en Copiapó, etc., i algunos de Tunas en el Huasco.

Arqueros. *Los minerales de Arqueros* no contienen casi otra *especie mineral* de plata que la amalgama nativa, i ésta se halla comunmente de grano tan grueso, que, cualquiera que sea la riqueza del mineral, las *harinas* o la parte terrosa que se lleva la corriente del agua en los trapiches tienen por lo regular 0,01 a 0.012, 120 a 140 marcos por cajon de plata; i lo demas queda en la *solera.* De esto tambien resulta que, miéntras en otros minerales, la parte menuda o mas desmoronadiza del mineral, los llampos, es mas rica que la parte dura, en los de Arqueros sucede lo contrario; i aunque el *metal de rancho* de estos últimos tenga 0,15 a 0,20 de plata, 2,000 a 3,000 marcos por cajon, i el *metal de cancha,* 0,008 a 0,015 los *llampos* tienen apénas 0,002 a 0,003 de plata. Mui rara vez se halla alguna mezcla de cloruro o de súfuro de plata en estos minerales: escepto los de la parte superior de las vetas del Cerro Blanco del Rodaito i del Arrayan, donde a veces aparece en cantidad considerable la plata córnea, i escepto tambien algunos minerales de las labores mas hondas de la Descubridora, donde una parte de la plata se halló al estado de súlfuro mezclado con súlfuro de cobre i cobre abigarrado. En este último caso, el mineral cambia de naturaleza, i pertenece a la cuarta clase. La matriz de estos minerales es, como se ha dicho, casi enteramente compuesta de sulfato de barita mezclado con una pequeña cantidad de carbonato de cal, arseniato de cobalto i roca felspática.

San Antonio. *Los minerales de San Antonio del Potrero Grande* (Copiapó) se diferencian enteramente de los anteriores.—La plata se halla por lo regular en granos mas finos i aleada con un poco de cobre i de antimonio o bien con bismuto; (páj. 210); en algunas partes entra tambien en composicion de los mismos minerales la plata sulfúrea, i a veces aunque en mui pequeña proporcion, la plata córnea. La matriz es una roca arcillosa, cenicienta, con poco carbonato; pero los compañeros mas constantes son el súlfuro

i el arseniuro de cobre, cuya composicion se ha citado (páj. 111) Es de observar que, aun en las partes mas ricas del mineral, el súlfuro de cobre contiene mui poca plata (0,001 a 0,0015), i el arseniuro nada.

Las masas de plata nativa mas considerables en Chile se sacaron a cierta hondura de la mina San Francisco en Chañarcillo, la cual, en 1850 ha producido mas de cien mil marcos de este metal. Los minerales de Tunas, que tienen mucha plata blanca a la vista, se hallan acompañados frecuentemente con el arseniato de cobalto i el arsénico nativo; estos minerales por el rosicler claro que suelen contener, pertenecen en gran parte a la clase de los minerales arsenicales.

La mina del Retamo en Cabeza de Vaca (Copiapó), ha producido cantidades inmensas de plata nativa ramosa que no se hallaba acompañada casi por ninguna otra especie mineral de plata. Su criadero era sulfato de barita, carbonato de cal, i en parte materias arcillosas; su compañero mas constante arseniato de cobalto. Hubo tiempo en que mas de dos mil marcos de plata se sacaba mensualmente de esta mina con unos pocos mineros i el metal no variaba de naturaleza. La bonanza duró por unos seis a siete años, i se agotó a poca hondura. *Retamo.*

A mas de estas minas mui conocidas en Chile, se hallan tambien en algunas partes, en los cerros altos de los Andes, vetas que producen minerales de esta clase; entre otras, se pueden citar: la veta de Copacabana en el cerro de San Pedro Nolasco, una vetas en el cajon del Plomo (Cerros de las Condes), i en las cerranías de la Dehesa vetas en sus afloramientos que dan un mineral enteramente compuesto de sulfato de barita, hidrato de hierro i cuarzo con una lei de 0,0006 (7 a 8 marcos por cajon); i en fin, los crestones de muchas vetas, que en hondura producen cobre gris i galena, i cerca de la superficie de la tierra dan un mineral de hierro hidratado negro, de cuarzo, carbonato azul de cobre, i de plata nativa diseminada en partículas mui finas u hojillas, con una lei que a veces sube hasta 0,0031 (40 marcos por cajon).

Pero los minerales mas abundantes de esta clase se hallan en el cerro de Pasco en el Perú, donde se citan masas inmensas de lo que llaman *cascajo*, que es una especie de cuarzo, con arcilla ocrácea amarilla i plata nativa, diseminada en proporcion tan pequeña i partículas tan finas, que la lei de estos minerales apénas llega a 0,0019 (27 marcos.) Los *pacos* del mismo cerro, cuya lei media no pasa de la anterior, parecen, a mas de la plata nativa, contener plata córnea, plata sulfúrea i plata roja.

2.ª *Clase. Minerales de plata córnea.*—Se comprenden en esta clase los minerales en que la plata córnea predomina: tales son los minerales de Chañarcillo. Rara vez la plata córnea se halla en ellos sin ser acompañada con plata blanca i una cantidad, a veces insignificante, otras veces bastante considerable de plata sulfúrea i de rosicler. En jeneral, la plata nativa que se halla en ellos, es diseminada en partículas mui menudas u hojillas, de *Minerales de Chañarcillo.*

modo que toda se arrastra por la corriente del agua en los trapiches, i no queda nada en la *solera.* Se citan sin embargo masas considerables halladas cerca de la superficie de la tierra, compuestas de plata nativa i plata córnea, entre otras las del manto de los Bolados, la cual, despues de haber producido muchos quintales de mineral mui rico, dejó un núcleo de plata metálica que pesaba mas de 32 quintales.

Esceptuando estas masas, todos los minerales que se han sacado de las numerosas vetas del mismo cerro hasta la hondura de 30 a 40 estados, i en la parte elevada del cerro hasta la profundidad de mas de 80 estados, son en jeneral de cloruro i cloro-bromuro de plata, mezclados, con una arcilla ocrácea amarilla o rojiza, i unos carbonatos múltiplices de cal, hierro, magnesia, manganesa, i zinc. La variedad mas comun consta de lo que llaman *los pacos;* i suele por lo regular tener en su mezcla ménos plata sulfúrea i rosicler que otros minerales de color negro, *los atabacados, los cenicientos,* etc.

Parece que, en jeneral, miéntras los *pacos* i *colorados* contienen principalmente el *cloro-bromuro* diseminado en medio de los carbonatos i las arcillas, las demas variedades deben la mayor parte de su lei de plata al *cloruro.* Los primeros contienen a veces azogue, aunque en mui pequeña cantidad; i este metal debe hallarse en ellos al estado de cloruro o de bromuro, porque se disuelve con facilidad en el ácido muriático. Una de las colpas mas ricas que hayan salido de la Descubridora, compuesta en parte de un mineral *paco,* que formaba la costra del pedazo, i en parte del mineral *negro* que formaba el centro del mismo, dió en una análisis:

	La costra.	La parte central.
Cloro-bromuro	0,650	—
Cloruro	—	0,559
Antimoniuro de plata	—	0,151
Mercurio	0,001	—
Antimonio (?)	0,002	—
Los carbonatos	0,175	0,145
Arcilla ocrácea	0,172	1,142
	1,000	0,000

El antimoniuro contenido en este mineral, parece formar una especie distinta de las conocidas, i tiene

0,64 de plata,
0,36 de antimonio.

En jeneral, la composicion de los minerales de Chañarcillo es

mas complicada de lo que indican sus caractéres esteriores. Un mineral mui particular bajo este respecto, homojéneo i de estructura granuda de grano cristalino, como son algunas variedades de caliza granuda, de color gris ceniciento oscuro, i de fractura plana, dió en una análisis

Cloruro de plata	0,220
Plata metálica	0,082
Antimonio, Azufre	0,006
Carbonato de cal	0,397
Carbonato de magnesia	0,018
Carbonato de zinc	0,123
Hierro, alumina	0,072
Arcilla inatacable	0,051
	0,978

Este mineral proviene de la parte superior de la Descubridora: apesar de tener cerca de 24 por ciento de plata, no presenta nada a la vista, i se parece a cualquiera piedra estéril de los desmontes: solo frotándolo con hierro, se descubre lustre metálico en la raspadura, por lo cual se reconoce la riqueza del mineral.

Otra variedad conocida en Chañarcillo bajo el nombre de *metal ceniciento*, consta de

Cloruro de plata	0.062
Plata metálica	0.007
Carbonato de cal, de Magnesia, de zinc	0.817
Oxido de hierro	0.008
Silice jelatinosa	0.005
Cuarzo	0.092

Pero, a mas de estos minerales de plata córnea i plata metálica cuya amalgamacion es tan fácil, se hallan en todas las minas de Chañarcillo muchas otras variedades; las que algunas veces deben una parte considerable de su riqueza a otras *especies* menos *dóciles* i menos conocidas que las anteriores. Estas especies son: 1.° *la plata sulfúrea* pura, denticular, a veces filamentos, o bien en pequeñas partículas, diseminada; 2.° *el rosicler oscuro*, diseminado en partes mui menudas; 3.° *el rosicler claro*, a veces cristalizado en cristales hermosos, traslucientes; 4.° *la plata antimonial*; 5.° en fin, un súlfuro de composicion mas complicada (o tal vez una mezcla de plata sulfúrea, blenda i rosicler oscuro), de una estructura granuda, de grano pequeño, cristalino, de lustre metálico i de color gris de acero oscuro. Este súlfuro que se encuentra en las minas, aunque en pequeña

cantidad, i parece mui homojéneo en su estructura, pero nunca cristalizado, consta de

Plata	0.497
Zinc	0.166
Antimonio	0.038
Azufre	0.172
Óxido de hierro i criadero arcilloso	0.127

Seria difícil valuar en qué proporcion se hallan en los minerales de Chañarcillo todas estas especies minerales de plata sulfúrea i antimonial, asi como las especies que ni se reducen por el hierro en las máquinas de amalgamacion, ni se amalgaman directamente con las especies anteriores de plata *metálica* i *córnea*. Esta proporcion aun varia de tal modo, que, miéntras en la parte superior de las vetas, el rosicler i la plata sulfúrea, apenas son visibles, estas especies aumentan en hondura, i a una profundidad de 70 a 80 estados, aparecen masas de arsénico nativo i de arseniuros con mucho rosicler i la plata antimonial. Con todo esto, ha sido considerable la cantidad de estas especies aun en la masa principal de los minerales que se han sacado en el cerro de Chañarcillo, desde la superficie de la tierra hasta la hondura en que empiezan a predominar los minerales arsenicales i antimoniales. Basta observar que, aunque ha habido minerales de una lei de 700, 800, i de 1,000 marcos por cajon, la mayor parte de los que se han beneficiado hasta ahora (en 1840), por el método de la reduccion en fondos de hierro, tenia 100 a 250 marcos; i tambien se beneficiaron algunos de 70 a 80 marcos. Se sabe que el hierro cuya accion es tan poderosa sobre la plata córnea, obra lenta i debilmente en la plata sulfúrea, en la plata roja, antimonial, etc. Por consiguiente, casi toda la plata que se hallaba en aquel tiempo en *los relaves* o *resíduos* de amalgamacion botados en la máquina, proviene de estas últimas especies. Ahora analizado el comun de tierras que provenian como de mil cajones de estos resíduos, se ha hallado compuesto de

Plata	0.0019	0.9869.
Carbonatos	0.3950	
Hidrato de hierro	0.1400	
Arcilla i cuarzo	0.4500	

Lo que corresponde a una lei de 23 marcos; se ha adquirido por otra parte, la certidumbre de que estos relaves tenian apénas indicio de cloruro i de bromuro de plata. Admitiendo, pues, por lei media de los minerales beneficiados por este método en los primeros tiempos del descubrimiento de Chañarcillo 150 a 160 marcos por cajon, resulta que a lo ménos la setima o la octava parte de la plata contenida en ellos, se hallaba al estado de plata sulfúrea, plata antimonial, plata roja, etc

Estos mismos minerales, aun de lei que apenas pasa de 0.0006

de plata se benefician por los métodos mas perfeccionados actualmente.

Los *metales* de Chañarcillo no son los únicos de esta República, que pertenecen a la clase de minerales de plata córnea. Las minas de Ladrillos i las de Agua Amarga i sobre todo las de Tres Puntas i de Lomas Bayas han producido en tiempos pasados millones en esta especie, i sus criaderos han sido los mismos en todas partes. Tambien se encontraron aunque en pequeña cantidad, los mismos minerales en las provincias del sur i en particular los crestones de vetas de la provincia de Aconcagua de los cerros de la Dehesa, cerca de Santiago.

Las minas que en las repúblicas vecinas mas se parecen a las de Chañarcillo, i han producido en abundancia minerales de la misma clase, son las de Huantajaya, en el Perú, (provincia de Tarapacá). Se puede citar la composicion de unas dos variedades que provienen de estas minas i tienen sus análogos en las de Chañarcillo. *Perú.*

Plata metálica....	0,402	.. 0,110
Plata córnea..................	0,144	.. 0,257
Antimonio i arsénico..	—	.. 0,011
Carbonato de cal, magnesia, etc.	0,418	.. 0,527
Oxido de hierro, arcilla, etc......	0,036	.. 0,095
	1,000	.. 1,000

(1) De color gris de ceniza, negruzco, sin lustre, en masas—por (Berthier).

(2) Del mismo color que la anterior, de grano mui fino, algo amarillento en la fractura recien hecha; pero luego se vuelve mas oscuro: frotada con el hierro, toma en la raspadura un lustre metálico. Proviene de una mina situada a tres leguas de Iquique.

Pero las minas que talvez mas que otras conocidas producen de esta clase de minerales son las de Caracoles (Desierto de Atacama), situadas en un terreno estratificado, fosilíferos (de formacion jurásica) sentado sobre unas rocas porfíricas i en partes atravesado por ellas. La inmensidad de minerales que se estraen actualmente de estas minas hasta la profundidad de 30 a 50 metros (que es la profundidad de las minas mas hondas hasta ahora,) casi no contiene otra especie mineral de plata que cloruro; poca plata nativa i apénas manchas de rosicler. En jeneral toda la plata clorurada es amorfa en granos i pequeñas masas irregulares, diseminada en medio de un criadero arcilloso calizo, como en Chañarcillo; no forma venas gruesas de estructura fibrosa casi trasparentes como las que en los primeros años de esplotacion de las minas de Tres-Puntas, aparecieron en la Esperanza; i miéntras que los minerales de plata córnea de Chañarcillo son de cloro-bromuro de plata, las de Caracoles presentan apénas indicios de este último. Lo que tambien se ha

notado hasta ahora de peculiar en las de Caracoles, es que en estos mismos minerales de plata clorurada, aparecen manchas de galena i ciertas variedades de un mineral negruzco, rico en plata que consta de carbonato de plomo íntimamente mezclado con cloruro de plata, i teñido probablemente con algo de plata sulfo-antimonial. Hállase tambien asociados el molibdato de plomo (plomo amarillo) i el plomo oxicloro iodurado. A cierta hondura, donde el mineral clorurado aparece en masas mas considerables, desaparece la galena; pero en los mismos cerros se ven vetas de galenas pobres en plata i algunas de hierro oxidado que no contienen plata córnea.

3.ª clase.—*Minerales arsenicales, antimoniales i, en jeneral, minerales cuya riqueza principal consta de las especies pertenecientes a la* 3.ª, 4.ª i 5.ª *clase.*—Estos minerales llamados comunmente en Chile *arsénicos, metales frios,* etc., se hallan en abundancia en algunas minas de las provincias septentrionales de esta república, i son de una composicion mui complicada i variable. Las especies minerales mas abundantes en ellas son las siguientes:

(1) *Arsénico nativo*—Testáceo, compacto, granudo, a veces negro, poroso o escoriáceo, liviano. Este último es el que suele ser mas rico, i en el cual se cria comunmente plata en hilos, filamentosa: i al contrario, el compacto, denso, mui pesado, sin ninguna mezcla de otras especies ni criaderos, se halla las mas veces estéril o de una lei de 10 a 14 marcos.

(2) *Arseniuro de hierro*—Se distingue del anterior por el lustre metálico, gris de acero claro, que no se empaña ni se ennegrece tan pronto como el del arsénico puro; i tambien por el resíduo de subarseniuro de hierro que da en el matracito, miéntras el anterior se volatiliza casi del todo. El mas puro proviene del Carrizo en el Huasco Alto, i otro (2) de la mina la Loreto en Chañarcillo; este último es de color blanco de plata, conserva bien su lustre i viene de una hondura de mas de 300 metros de la superficie. Su estructura es fibrosa perfecta, algo diverjente. pesos. 7,164.

Arsénico	0,703	..	71,580
Hierro	0,276	..	27,345
Azufre	0,011	..	0,875
Antimonio	indicio		
Criadero	0,005		
Plata	0,002	$Fe\,As^2$	
	0,997		

(3) *Sulfoarseniuro de hierro* (*mispíquel*).—Muchas veces cobaltífero, unas veces granudo, otras veces hojoso o fibroso, en masas o diseminado en su criadero. Se distingue del anterior por la gran cantidad de sublimado rojo de rejalgar que da en el matracito, i se condensa inmediatamente encima del sublimado

metálico del arsénico. En cuanto a la lei de plata de esta especie mineral, i del anterior, se observa casi lo mismo que se ha dicho sobre el arsénico: es decir que, miéntras mas densos, puros i pesados son estos minerales, ménos plata tienen.

(4) *Rejalgar* o sulfuro rojo de arsénico, de color rojo hermoso; se ha encontrado en los minerales de Pampa-Larga. Los mineros lo confunden a veces con el rosicler claro, del cual se distingue tanto por el color de su polvo que es amarillo, como por la propiedad de volatilizarse en el matraz o sobre el carbon, sin dejar ningun resíduo.

(5) *Arseniuro de cobalto.*—A veces cristalizado en cubos con las esquinas truncadas; comunmente en masas i diseminado. Se distingue de los anteriores por el color azul hermoso que da al vidrio de birax en los ensayes al soplete. Un mineral de esta especie rico en plata, se halla en las minas de Punta Brava, i consta de

Arsénico	0,4785
Azufre	0,0004
Cobalto	0,1180
Hierro	0,0329
Cobre	0,0312
Plata	0,0079
Niquel	indicio
Criadero	0,3160
	0,9852

Es una mezcla de triarseniuro de cobalto con el arseniuro de cobre, arseniuro de hierro i rosicler claro. Este mineral es de color gris de plomo; de estructura granuda; despide olor de ajo al golpe del martillo; i al soplete, en el matracito, da un sublimado metálico i otro negro, sin ningun indicio de rejalgar. En medio de la misma especie se cria tambien la plata filamentosa, como en el arsénico nativo.

(6) *Sulfo-arseniuro de (cobalto cobalto gris).*—Esta especie en las minas de plata es ménos abundante que la anterior; i al contrario, se halla en cantidad considerable en algunas de cobre. Sin embargo, una muestra de este mineral, mezclada con sulfo arseniuro de hierro, dió en un ensaye 0,0193 (247 M. p. C.) de plata i provenia de las minas del Huasco Alto.

(7) *Arseniato de cobalto:* parecido, por su color, al rosicler claro; se halla las mas veces en agujas mui delgadas; i acompaña casi siempre a las dos especies anteriores. Muchas veces, como en Tunas i en Arqueros, se halla con el arseniato de cal, formando talvez con este último una *sal doble.* Se puede decir que este mineral es el compañero mas constante de ésta i de las dos primeras clases de minerales de plata; pero nunca se halla en cantidad considerable.

(8) *Arseniuro i arseniato de cobre,* a veces el cobre rojo, el

cobre sulfúreo i abigarrado (véanse los minerales de cobre). Estas dos últimas especies, como tambien el cobre gris, nunca se halla en cantidad considerable con el arsénico nativo, con los arseniuros de hierro i otras especies de esta clase.

(9) *Antimonio nativo.*—Esta especie se ha visto en los minerales de Lomas Bayas, i del Carrizo (Huasco Alto); i se halla en partículas o clavitos pequeños, de color blanco de plata, diseminados. Se parece mucho a la plata nativa; pero, no es difícil distiguirla de ésta, porque el antimonio es de estructura hojosa, mui quebradizo, i produce humo al soplete, miéntras la plata es dúctil, de contestura ganchosa, fina, etc.—El antimonio nativo del Carrizo es perfectamente puro, sin ningun vestijio de plata ni de arsénico: conserva su color blanco i su lustre metálico, como el antimonio artificial.

(10) *Bismuto nativo.*—Se parece al anterior por su estructura hojosa, su lustre metálico, i aun en parte por su color blanco; pero este color se halla algo tomado de amarillento, i en algunas partes de azulejo o de los colores del pecho de paloma. El que se halla con arseniuro de cobre en los *metales arsenicales* de San Antonio, es dócil, blando, de color blanco de plata, diseminado en hojillas, o partículas de estructura hojosa, de mucho lustre; i solo con el tiempo se empañan i se vuelven algo amarillentas.

(11) *La blenda, la pirita blanca i amarilla.*—Estas son las *especies* minerales metálicas que entran en la composicion de los minerales de plata arsenicales, llamados vulgarmente *arsénicos*, i en medio de los cuales la plata se halla diseminada al estado de las especies pertenecientes a las tres últimas clases arriba descritas; pero tambien rara vez estos minerales contienen toda la plata al estado de plata sulfúrea, sino que se ve en ellos diseminada la plata nativa, i a veces en pequeñas cantidades plata antimonial o bismutal.

Jeneralmente la plata córnea nunca se encuentra acompañada por los súlfuros, arseniuro o sulfo-arseniuros metálicos, ménos por la plata sulfúrea i los rosicleres de la tercera clase de los minerales de plata.

Ya se ha dicho que, segun toda probabilidad, no existe en la naturaleza el arseniuro de plata puro, es decir, que este metal no se halla directamente combinado con el arsénico, sino por medio del azufre. En realidad, se puede admitir por regla jeneral, que siempre, cuando la lei de los minerales de esta clase pasa de 0,008 (como de 100 marcos), ya se ve a la simple vista, o al microscopio, en algunas partes del mineral la plata blanca, o el rosicler: con mayor dificultad se distingue en igual caso la plata sulfúrea, que se puede equivocar con otras especies del mismo lustre.

Las minas que producen en mayor cantidad minerales de esta tercera clase, son las siguentes:

Chañarcillo.—Los minerales que provienen de la parte mas baja de las vetas de este cerro, son arsenicales o de plata sulfúrea; i las labores de donde se saca con mayor abundancia, son

al mismo tiempo las mas hondas de todo el laboreo:—estas minas son la Descubridora, el Delirio i la de San José. Entre estos minerales podemos distinguir cuatro variedades principales.

(1) *Mineral de San José.*—El metal frio que de vez en cuando suele producir esta mina i las inmediatas a ella no contiene casi nada de arsénico: la mayor parte de la plata se halla al estado de súlfuro, i lo demas al estado metálico; las especies minerales que la acompañan, son la blenda i la pirita: el criadero es blanco o gris negruzco, sin arcillas ocráceas o rojizas; i consta como de dos partes de carbonatos por una de cuarzo. La lei del comun de unos minerales de esta especie de la parte mas honda del laboreo, es 0,024 (307 marcos por cajon.).Su composicion:

Plata	0,025
Hierro	0,026
Zinc	0,017
Azufre	0,024
Carbonato de cal	0,574
Criadero cuarzoso	0,334
	1,000

(2) *Mineral acerado de la Descubridora.*—Es de sulfo-arseniuro de hierro, con blenda, plata antimonial, plata metálica i plata sulfúrea. Su lei en unas muestras ha sido 0,0352 (450 marcos por cajon), en otras 0,02198 (281 marco por cajon).

(3) *Arsénico de la Descubridora.*—Consta de arsénico nativo casi puro, negro en la superficie, lleno de ojedades, en las cuales se ven cristalitos de rosicler claro trasluciente. La parte mas rica, es decir, la que tiene mas rosicler i cuyo polvo es de color rojo mas o ménos subido, dió en tres análisis hechas sobre diversas muestras,

Plata	0,097	0,225	0,210
Hierro	0,111	......	......
Antimonio	....	0,039	0,057
Arsénico	0,755	0,644	0,703
Azufre	0,037	0,071	0,030
Criadero	....	0,021	....
	1,000	1,000	1,000

Antes del descubrimiento de las minas de Tres-Puntas (provincia de Atacama), la produccion de los minerales arsenicales i antimonialos en Chile era tan limitada o la lei de los que se encontraban casualmente tan poca, que no se pensaba en los medios de beneficiar estos metales en grande. Las vetas de Tres-Puntas apénas en la parte superficial han producido algun indicio de plata clorobromurada i de ioduro; mas, en lugar de estos minerales empezaron a salir desde luego venas de cloruro puro, *Tres Puntas.*

trasluciente, fibroso i de plata sulfúrea en masas irregulares, amorfas i cristalizada en pequeños cubos agrupados en ramos. A poca hondura desde la superficie desapareció el cloruro i se descubrió tanto en la Buena Esperanza como en la Alfinhallada rosicler oscuro (peso 225) en abundancia tan grande como nunca se habia visto en ninguna mina de Chile. Los compañeros mas constantes de este último eran la plata vírjen, plata sulfúrea, las dos polibásitas, el cobre gris sulfúreo. Mas tarde, principiando a bajar la lei del *comun* de minerales, aumentó la proporcion de arseniuro i sulfoarseniuro de hierro, de cobalto arsenical, galena, pirita, etc. El criadero ha sido siempre en parte arcilloso, en parte carbonatado, ceniciento; el de la veta Alfinhallada mui abundante en sulfato de barita.

Bajo todo respecto los minerales de Tres-Puntas i las vetas de donde se estraen se parecen mas a la jeneralidad de las vetas i minerales de Bolivia que a los de Chile. Mas de cien mil marcos se sacaron en un año de mayor riqueza de la Buena Esperanza en metales de esta naturaleza; i como las mas contenian al mismo tiempo proporcion considerable de plata metálica i algunas un poco de cloruro, se beneficiaban estos minerales primero en las máquinas de amalgamacion de Copiapó i se esportaban al estranjero los resíduos de amalgamacion que tenian, término medio, 80 a 100 marcos por cajon.

(Véanse los *Anales de la Universidad.* 1855—páj 419).

Carrizo.—Los minerales análogos a los anteriores se han encontrado en las minas del Carrizo (en Huasco Alto).

Los acerados, que son de arseniuro o de sulfo-arseniuro de hierro, varian mucho de lei. Una muestra de arseniuro de hierro perfectamente puro, denso, lustroso, pesado dió al ensaye solo 0,002 de plata (25 marcos): el mismo arsénico mezclado con blenda i varios criaderos, de poco lustre i de grano fino, dió 0,0034 de plata (43 marcos); en fin, otra muestra de sulfoarseniuro de hierro con blenda i con mucho criadero, teniendo algunos clavos i granitos de plata nativa a la vista, se halló con una lei de 0,0728 (931).

Los minerales negros de arsénicos de la misma mina suelen tambien tener una lei mui crecida. Constan comunmente de tres partes, que son; un arsénico compacto, mui denso, pesado, a veces testáceo; otro negro, liviano, escoriáceo, concavidades llenas de cristalitos de rosicler claro; i en fin, el mismo rosicler en cristales mas grandes i en masas. La parte mas compacta es de arsénico nativo, que tiene

0.0115 de antimonio
0.0041 de hierro,

i apénas algun indicio de plata, miéntras que la parte escoriácea puede tener hasta la tercera parte de su peso de plata.

San Félix, Punta-Brava, Pampa-Larga, Tunas.—Todas estas minas antiguas de la provincia de Atacama han producido

masas considerables de minerales arsenicales i sulfurados, pertenecientes a esta tercera clase. Las mas variadas en sus productos son talvez las de Lomas Bayas que producen en su rejion superior minerales mui ricos en clorobromuro i plata nativa, en la rejion media, plata clorurada nativa i sulfurada no ménos ricos que los anteriores i en la rejion inferior galenas antimoniales i otras especies de composicion complicada: todos con lei bastante crecida de oro.

4.ª clase.—*Minerales de cobre platosos.*—Hemos dicho, tratando de los minerales de cobre (páj. 131), que, en jeneral, las minas de cobre situadas en la segunda cadena de cerro, en un terreno estratificado, *segundario*, lejos de la costa, dan minerales que son casi siempre mas o ménos platosos. Entre estos minerales algunos se beneficiaban por cobre en los hornos de reverbero, i se despreciaba la plata que contienen como son los mas minerales de cobre abigarrado i piritas del departamento de Combarbalá: otros se beneficiaban, aunque mui imperfectamente, por plata, i se despreciaba el cobre, como eran algunos de cobre sulfúreo platoso de cobre gris de San Pedro Nolasco; en fin, hai otros como los de cobre gris de Machetillo, de Rapel, de los Porotos, etc., que, por tener antimonio i arsénico, i ser revueltos casi siempre con galena, no podian beneficiarse con provecho por el método comun del pais, en hornos de reverbero, por cobre, ni tampoco por alguno de los métodos conocidos en Chile. se esportaban en parte a Europa, i en parte se desperdiciaban en los injenios de amalgamacion.

Se conocen actualmente algunas minas descubiertas en la cordillera del Teno (departamento de Curicó) que producen mineral de pirita cobriza mezclado con un poco de galena, mineral de composicion variable pero cuya lei de plata suele subir a 0.003.

Los mas minerales de esta cuarta clase, es decir cobrizos platosos se utilizan actualmente en las provincias del norte, fundiéndolos por ejes platosos i esportando los ejes platosos al estranjero.

Para dar una idea de la lei de estos minerales i de la utilidad que se puede sacar de ellos, se va a citar el resultado de los muchos ensayes que se han hecho por la via seca de las principales variedades de minerales de esta clase, en los laboratorios del colejio de la Serena, i del Instituto en Santiago.

(A) Minerales de cobre gris.

	En diez milésimas.	En marcos por cajon.	
Cerro Blanco.—Cobre gris con galena de hoja ancha, criadero calizo, mina abandonada	0,0056	72	*Copiapó.*
Id.—De la misma mina	0,0058	63	
Carrizo (cobre gris) antimonial	0,0062	79	*Huasco.*

		En diez milésimas.	En marcos por cajon.
	San Félix id. id.	0,0006	7
Coquimbo.	Machetillo.—Especie pura cristalizada.	0,0250	320
	Id.—Cobre gris con criadero sin galena: metales de mejor calidad.	0,0185	237
	Id.—Otra muestra, mezclada con galena.	0,0146	187
	Id.—El comun de *metales*.	0,0080	102
	Los Porotos.—Cobre gris mezclado con carbonato de plomo.	0,0032	42
	Id.—Cobre gris de especie pura.	0,0060	77
	Andacollo.—Mina la Lajarilla.—Cobre gris arsenical de color gris de hierro oscuro con manchas de carbonato azul; lo mas puro.	0,0025	32
	Id.—Otra muestra de la misma mina.	0,0009	11
	Cordillera de Combarbalá, del Valle Hermoso.—Cerro de Alcaparrosa.	0,0014	18
Ovalle.	Rapel.—Manto de Valdivia.—Cobre gris antimonial; especie pura, sin ninguna mezcla de galena ni criadero.	0,0292	374
	Id.—Otra muestra, con criadero sin galena.	0,0058	74
Santiago.	San Pedro Nolasco.—Cobre gris arsenical; especie pura.	0,0030	38
	Id.—Cobre gris antimonial, i arsernical puro	0,0020	26
	Cordillera de la Deesa, antimonial	0,0030	38

(B) Minerales de súlfuro de cobre platoso.

Copiapó.	San Antonio.—Súlfuro puro, sin ninguna mezcla	0,0166	84
	Id.—Otra variedad	0,0010	13
	Id.—Mina de San José	0,0003	4
Huasco Alto.	Mina nueva en la estancia Lingáguas.—*Metal* que contiene 26 quintales 45 libras de cobre i mucha plata blanca en hojas mui delgadas	0,0030	40
	De la misma mina.—*Metal* de 13 quintales de cobre sin plata nativa	0,0020	26
	En el camino de Arqueros para el Huasco Alto, mina nueva, súlfuro de cobre mezclado con galena	0,0021	27
	Otra muestra de la misma naturaleza	0,0050	64
Coquimbo.	Arqueros.—Súlfuro de cobre puro, de la Descubridora	0,0052	66
	Id.—Súlfuro en venas angostas, con baritina	0,0017	22

	En diez milésimas.	En marcos por cajon.	
Id.—Mina de la Marquesa, súlfuro casi puro	0,0034	43	*Combarbalá.*
Id.—De la misma mina, otra muestra	0,0047	60	
Mina vieja de San Lorenzo; súlfuro casi puro	0.0008	11	
De la Culebra; súlfuro puro compacto	0,0028	36	
Mina del Remolino, súlfuro de cobre de estructura hojosa imperfecta; mui parecido a los súlfuros de cobre de San Pedro Nolasco	0,0097	111	
Otra muestra de la misma mina i parecida a la anterior	nada		
De la mina de Gatica súlfuro puro	0,0025	20	*Petorca.*
Catemo.—Especies puras.—Véanse en el § anterior; páj. 235.			*Aconcagua.*
Id.—Mina de la Fortuna; súlfuro de cobre con galena	0,0080		
Mina nueva en las inmediaciones de Catemo; súlfuro mezclado con mucho criadero porfírico	0,0108	162	
San Pedro Nolasco.—especies puras.—Véanse en el § anterior, páj. 228.			*Santiago.*
Id.—Súlfuro mezclado con su matriz, sin galena	0,0102	130	
Id.—Mas limpio	0,0148	189	
Id.—Otra muestra, de la Palma	0,0088	102	
Id.—Otra mas impura	0,0038	48	
Id.—El comun de metales de esta clase	0,0036	46	
San Lorenzo—Súlfuro diseminado en partículas mui pequeñas en medio del pórfido *abigarrado*; mina de los Farellones	0,0028	35	
Id.—El mismo súlfuro diseminado en una piedra compacta cenicienta, con pirita de hierro	0,0026	33	
Mina del Socavon en el Cajon de Maipo cerca de Injénio; súlfuro que contiene 0,011 de arsénico	0,0008	10	
Lampa.—Cobre sulfúreo granudo, lustroso	0,0015	18	
Puquios.—Súlfuro diseminado en un criadero cuarzoso	0,0005	64	*Rancagua.*
Id puro sin criadero	0,0030	38	

(C) Minerales de cobre abigarrado i de cobre piritoso (metales de bronce morado i de bronce amarillo) platosos.

Los Sapos.—Cobre abigarrado; de un color violado i azulejo obscuro; de gra- *Combarbalá.*

		En diez milésimas.	En marcos por cajon.
	no grueso; con una matriz negra; el mineral tienne 30 quintales de cobre por cajon	0,0014	17
	Id.—Otro parecido al anterior, con una lei de 41 quintales 77 libras por cajon	0,0018	23
	Mina del Cármen.—Cobre morado con plata nativa en hojillas mui delgadas	0,0018	23
	Mina la Famosa	0,0016	20
	Mina Santa Jertrudis	0,0020	26
	El Parral.—Cobre morado de mucho lustre, mezclado con súlfuro de cobre acerado	0,0038	49
	Id.—Parecido al anterior	0,0033	42
Aconcagua.	Catemo.—Mina del Manantial; cobre morado parecido al de los Sapos, con mucha matriz de piedra	0,0007	9
	Id.—Mina de los Mantos parecido al anterior solo con mas criadero	0,0007	10
	Id.—La Fortuna;—mezclado con galena	0,0005	6
Santiago.	Aculeo.—Cobre morado, de colores violados i morados mui hermosos; mezclado con un poco de galena i con mas de la mitad de su peso, de criadero cuarzoso	0,0008	11
	Id.—Otro mas limpio, del mismo cerro	0,0003	4
	Id.-Otro con galena	0,0007	
	Curicó.—Pirita cobrisa i blanca de la Cordillera del Teno	0,0002	27
	Id.—Id con algo de galena	0,0038	52

5.ª clase.—*Minerales de plomo platosos.*—Los minerales de esta clases se hallan mas abundantes en Chile que los anteriores; i si no se sacaba hasta ahora casi ninguna utilidad de ellos, es porque su beneficio no se puede hacer por los métodos de amalgamacion conocidos en el pais, i requiere otro mas complicado, cuya introduccion principia a realizarse Una de las causas que influian en este atrazo, es sin duda, la falta de conocimiento de la verdadera *lei* de ellos, siendo esta lei tan variable, que en una misma mina, en los *metales* de la misma especie, la cantidad de plata aumenta o disminuye, sin que los caractéres esteriores del mineral cambien visiblemente.

Por estas razones he creido útil publicar el resultado de los ensayes que se han hecho, de diversos minerales que provenian de diferentes partes de la República, desde Copiapó hasta Santiago, con indicacion de sus principales caractéres mineralójicos. Pero antes de pasar a este asunto, se debe advertir que en esta inmensa masa de minerales plomisos de que se trata, hai algu-

nos que, aunque tienen plomo a veces en proporcion considerable, se han de considerar como pertenecientes a la 1.ª o a la 2.ª clase; i como tales se pueden beneficiar por cualesquiera de los métodos de amalgamacion mas fáciles i sencillos. Estos minerales son los que contienen toda o casi toda su plata al estado nativo, de plata córnea, i todo su plomo al estado de carbonato, de sulfato, de arseniato etc. He aquí algunos ejemplos de lo dicho.

En una de las minas mas ricas de Chañarcillo, la Colorada, se halló a unos 30 o 40 estados desde la superficie, un mineral de carbonato de plomo, mezclado con carbonato de cal, hidrato de hierro, arcilla de color gris negruzco, i amarillento, cuya plata era al estado de cloruro, i que, por consiguiente, con seguridad se beneficiaba como cualquiera otro mineral de plata córnea de la misma mina. Una muestra de este mineral dió en una análisis

Cloruro de plata	0,1602	1,000
Carbonato de plomo	0,0730	
Carbonato de cal etc.	0,4418	
Peróxido de hierro	0,1880	
Arcilla i pérdida	0,1370	

En unas minas actualmente abandonadas, en la estancia de Chapilca, a unas 20 leguas de Elqui hácia la cordillera, se hallaron minerales de plomo mui ricos en plata i tan *dóciles* al beneficio, que con facilidad se ha sacado casi toda la plata de ellos por el método de amalgamacion ordinario, sin hacer uso del *majistral* ni de algun otro ingrediente.—Estos minerales eran *de color*; se componian de carbonato, sulfato, molibdato i arseniato de plomo, con mui poca galena; i tenian por criadero sulfato de barita i varias arcillas ocráceas. Dos variedades del mineral, la primera (1) de color gris negruzco, mui densa, pesada i homejénea; la segunda (2) de diversos colores, mui heterojénea, cavernosa, dieron:

	[1]	[2]
Cloruro de plata	0.0026	0.0138
Plata	0.0253	0.0003
Carbonato de plomo	0.1343	0.1690
Carbonato de cobre	0.0170	0.0100
Sulfato de plomo	0.3770	—
Sulfato de barita, peróxido de hierro	0.4438	0.8069
	1.0000	1.0000

A esta categaria pertenecen varios minerales mui abundantes en las minas de Caracoles, que son mezclas de carbonato de plomo i de plata clorurada i varios de Lomas-Bayas, etc.

Los minerales plomizos de bromuro de plata de San Onofre en Méjico, analizados por Bertheier (páj. 220), se hallan en el mismo caso.

Pasemos ahora a los minerales mas comunes, de plomo, sea de galena (soroche, plomo de bala), sea de carbonato, metales, de color.

		En diez milésimas.	En marcos por cajon.
Copiapó.	Chañarcillo.—Mina San Félix: carbonato con galena—el comun	0,0080	102
	Galena pura, de espejuelo ancho	0,0110	140
	Id.—La Colorada; carbonato casi puro	0,0238	305
	Id.—La Carlota; galena de hojillas angostas con mucho criadero	0,0013	17
	Id.—Carbonato negro con arseniato	0,0080	102
	Bandurrias.—Galena pura de hojas anchas	0,0023	29
	Algarrobito.—Una mezcla de carbonato i galena	0,0025	32
	Zapallo.—Galena de hoja angosta con cobre morado	0,0038	48
	Garin.—En el camino de los Púquios; una mezcla de galena de hojas anchas con carbonato	0,0156	199
	Tres Puntas.—Con mucha pirita	0,0070	97
Huasco Alto.	Galena de grano fino, mezclada intimamente con blenda	0,0008	9
	Otra igual, de grano mas grueso	0,0012	15
	Otra de hojas mui anchas	0,0004	4
	Carrizo.—Antimonial	0,0370	474
	Plomisa galena hoja ancha	0,0020	25
	Punta Diaz id. mui menuda	0,0005	6
	Fortuna.—Carbonato	0,0002	
	Id. sulfato i carbonato	0,0005	
	Plomisa sulfato de plomo	0,0003	
	Chapilca.—Carbonato, sulfato con plata córnea i plata nativa	0,0109	139
	Id.—El comun de los anteriores	0,0094	120
	Id.—Otro de la misma naturaleza	0,0033	43
	Id.—Otro mezclado con galena	0,0018	23
	Id.—Otro mezclado con molibadto	0,0144	184
	Los Porotos.—Carbonato de plomo cobrizo	0,0033	42
	Id.—Carbonato negro con arseniato	0,0018	23
	Paiguano.—Galena pura de hojas anchas curvas	0,0010	13
	Id.—Galena pura de hojas mui angostas	0,0005	6
	Id.—Carbonato de plomo amarillento	0,0007	9

	En diez milésimas.	En marcos por cajon.	
Machetillo.—Galena pura de hojas anchas	0,0010	13	
Id.—Galena pura fibrosa	0,0010	13	
Id.—Galena en contacto con el cobre gris	0,0020	26	
Id.—En una misma muestra; de hoja ancha	0,0010	13	
Id.—De hoja angosta	0,0014	17	
Cordillera de Elqui.—Galena de hoja mui ancha	0,0015	19	
Rapel.—Manto de Valdivia; galena de grano fino lustroso, con algun vestijio de antimonio	0,0054	69	*Ovalle.*
Id.—De la misma mina; de grano mui fino	0,0071	90	
Id.—Otra de grano fino con mucha matriz	0,0051	65	
Mina nueva.—Galena de color gris de hierro oscuro	0,0011	12	
Catemo.—Mina la Fortuna; galena granuda de grano fino lustroso	0,0003	4	*Aconcagua.*
San Pedro Nolasco.—Corrida de San Simon; galena granuda de grano fino, cuyo lustre se empaña mui pronto	0,0034	43	*Santiago.*
Id.—Otra de la misma mina	0,0010	13	
Id.—Mina de las Zorras; galena granuda de grano mui fino, casi compacta	0,0003	4	
Id.—En las Vegas; galena de hoja ancha lustrosa de color gris de hierro oscuro	0,0010	13	
Id.—De la Palma; en hojas anchas que se cruzan en todos sentidos	indicio		
San Francisco en las Condes.—Galena compacta, negra, con blenda i mucho criadero cuarzoso	0,0037	47	
Id.—Galena compacta casi pura con blenda	0,0039	50	
Id.—Otra de la misma especie, mas comun	0,0026	33	
Id.—Otra hojosa, de hojillas medianas con criadero	0,0010	13	
Cerros inmediatos a la capital.—Galena casi compacta	0,0024	31	
Id.—La misma mezclada con otra de hojillas angostas	0,0021	27	
Id.—Galena de hojas anchas, planas, lustrosas	0,0005	6	
San Lorenzo de hoja menuda	0,0006	8	
Curicó Planchon.—Galena con algo de pirita	0,0025	30	

§ III.—CLASIFICACION DE LOS MINERALES DE PLATA ADMITIDA POR LOS BENEFICIADORES ANTIGUOS AMERICANOS.

Clasificacion de los minerales de plata por los mineros americanos.

Los mineros i los beneficiadores de plata americanos distinguen comunmente entre los minerales de plata, cuatro clases de *metales*, que ellos llaman:

Metales frios.
Metales cálidos.
Metales de plata blanca.
Metales de soroche o *de fundicion.*

Esta clasificacion debe sus términos a los diversos métodos de amalgamacion, que los antiguos beneficiadores americanos aplicaban a cada clase de *metales*; i para esplicar estos términos, es forzoso entrar en algunos pormenores sobre la teoría de la *amalgamacion americana*, siguiendo en esto la opinion jeneralmente admitida por los químicos modernos.

Nadie ignora que el mercurio es el ajente principal en este beneficio, empleado para recojer toda la plata contenida en el mineral, con la cual ha de formar un amalgama, i esta amalgama, separada de las tierras, lavada i destilada, da al beneficiador su plata en piña. Pero el mercurio no se amalgama con facilidad sino con la plata nativa mui dividida; cuesta tiempo i trabajo amalgamarlo con la plata sulfúrea, mas tiempo todavía para unirlo con la plata córnea, i las dificultades aumentan todavia mucho mas cuando se trata de unir el mercurio con la plata contenida en los súlfuros dobles i polisúlfuros metálicos. En todos estos casos, ménos en el de la plata nativa, el mercurio, al reducir los súlfuros o los cloruros i clorobromuros, pasa él mismo al estado de súlfuro cloruro o bromuro i se pierde, ocasionando grandes perjuicios al minero. Cuando la plata es sulfúrea, sola o combinada con otros súlfuros (rosicler, polibásita, cobre gris, etc.), no se conoce medio alguno para remediar a esta pérdida de mercurio o para abreviar el tiempo; mas, cuando la plata es córnea (cloruro o clorobromuro) es fácil disminuir dicha pérdida i abreviar el beneficio mediante algun metal mas clorurable que la plata, como son el estaño, el plomo, el hierro o el zinc, los que quitarán el cloro i el bromo a la plata córnea i entregarán la plata al mercurio en el acto. Hai sobre todo, medio de reducir la plata córnea i amalgamarla mui pronto si se emplea el hierro. Hai, pues, ventaja en clorurar todos los minerales de plata sulfúreos, ya sea ántes de someterlos a la accion del mercurio, ya en presencia del mercurio, i el verdadero método americano consiste en conseguir este fin sin gastar mucho en fundiciones, hornos o combustibles.

La cloruracion marcha por este método en presencia del mercurio, simultáneamente con la amalgamacion. Se la produce el beneficiador americano mediante la sal i el sulfato de cobre o per-

sulfato de hierro, conocidos bajo el nombre de *majistral*. Fijémonos en el primero, cuyo uso es mas jeneral i de accion mas enérjica.

El sulfato de cobre introducido en el mineral molido con la sal, bien mezclado i humedecido, da lugar a una descomposicion recíproca entre las dos sales; fórmanse sulfato de sosa i cloruro de cobre: el primero queda talvez inerte, mas el segundo obra desde luego sobre los súlfuros, i particularmente sobre el súlfuro de plata. De esta accion nacen en primer lugar, subcloruro de cobre, cloruro de plata i el azufre que se acidifica por el oxíjeno del aire, i luego este subcloruro de cobre, obrando sobre otra cantidad de plata sulfúrea, da lugar a la formacion de cobre sulfureo, cloruro de cobre, plata clorurada i plata metálica. Presente a todas las reacciones el mercurio absorve ante todo las partículas de plata metálica recien reducida o en el acto de reducirse, i ejerce su accion a un tiempo sobre la plata clorurada recien nacida, quitando el cloro i uniéndose con el metal: de lo que en último resultado se obtiene amalgama i subcloruro de mercurio. La primera se logra, el último se pierde sino emplea algun artificio el beneficiador para quitarle el cloro. En fin, el exceso de sal no hace otro papel que el de disolvente, para disolver por una parte, el subcloruro de cobre, i por la otra, el cloruro de plata, facilitando la accion entre ellos segun el antiguo adajio: *corpora non agunt nisi soluta*.

Todas estas reacciones se reproducen unas tras otras lenta i gradualmente, prolongándose en ciertas ocasiones la operacion por mas de dos meses, durante lo cual se mueven i se revuelven las mezclas, para poner las diversas partes de mineral, de mercurio i de sales en contacto unas con otras; pero en este mismo tiempo tres accidentes mui perjudiciales pueden ocurrir en el beneficio.

En primer lugar, si hai exceso de sulfato de cobre (el majistral), se formará un exceso de cloruro de cobre, i este último, no solamente obrará sobre la plata sulfúrea i sus compuestos, sino tambien sobre el mercurio, de suerte, que una gran parte de este último pasará al estado de subcloruro, aumentándose mucho su pérdida.

En segundo lugar, si falta sulfato de cobre, faltará tambien cloruro de cobre, i en tal caso el mercurio, en lugar de obrar sobre el cloruro de plata, quedará primero inerte, i, en seguida, subdividiéndose por los continuos repasos i accion del aire i del agua, se oxidará en parte i en parte obrará sobre los súlfuros, formándose el *deshecho*, que es una mezcla de mercurio sulfúreo suboxidado i subdividido metálico. La amalgamacion será lenta, pues el mercurio solo obra mas lentamente sobre la plata sulfúrea i sus compuestos que interviniendo en su accion la del cloruro de cobre.

En el primer caso hai exceso de materia clorurante, la seña del mal se nos revela por la presencia del subcloruro de mercurio, que aparece con su aspecto terroso i color blanco o blanque-

sino en la superficie misma del metal, i el remedio mas pronto para este mal consiste en agregar cal o ceniza que con sus bases mas enérjicas que el óxido de cobre destruirán el exceso de sulfato ántes que éste produjera todo su efecto; o bien, si el mal se ha hecho en gran parte i si se quiere impedir que se aumente la formacion de subcloruro de mercurio, agregan estaño i plomo mui dividido, en estado de amalgama, para que estos metales se apoderen del cloro.

En el segundo caso, predominando la accion del aire i de las materias sulfúreas, la seña del mal consiste desde luego en un aspecto claro i lustroso de la superficie del mercurio, apesar de la presencia de una cantidad notable de la parte metálica del mineral que permanece indiferente a la accion del mercurio, i, en seguida, en la aparicion de unas manchas negruzcas en su superficie i un tizne negruzco que se produce al refregar el mercurio. El remedio mas natural para este mal es de aumentar la cantidad de majistral.

En fin, las últimas investigaciones de Malaguti i Durocher comprueban que, cuando los minerales de plata sometidos a la accion del cloruro de cobre contienen mucha dósis de súlfuros metálicos, arseniuros i sulfoarseniuros, el cloruro de cobre ántes de atacar la plata sulfúrea, obra sobre todos estos compuestos i los clorura, quedando el súlfuro de plata intacto: de manera que en tal caso resultaria gran consumo de majistral, gran pérdida de tiempo i de azogue i poco provecho. En estos casos el método americano ocurre a una *tuesta* o calcinacion de los minerales con sal i pirita de hierro, en la cual se destruyen los mencionados compuestos i se someten los resíduos de calcinacion al beneficio por el azogue como si fueran minerales de plata córnea.

Pero aún en este caso, si los minerales contienen mucho plomo sulfúreo o mucho cobre sulfurado, la presencia de estos metales causa dificultades tan grandes en la cloruracion por tuesta, i despues, puede ocasionar pérdidas tan considerables de azogue en las amalgamaciones, que en jeneral, los beneficiadores consideran los minerales sulfurados, arsenicales o antimoniales, los que tienen mas que 8 a 10 por ciento de plomo i mas que 4 por ciento de cobre, como minerales que no se pueden beneficiar con provecho por amalgamacion i piden un beneficio por fundicion i licuacion, o por fundicion i copelacion.

Entendido esto, ¿qué cosa significa en términos vulgares, aquella division de minerales en *metales frios i metales cálidos?*

Los beneficiadores que en jeneral conocen mejor el uso i el efecto del majistral que las causas de su accion misteriosa, fijando su atencion en que el majistral, miéntras mejor es, es decir miéntras mayor proporcion tiene de sulfatos anhidros, sobre todo, de sulfato de peróxido de hierro, mas se calienta, cuando se moja con un poco de agua, creen que lo que mas influye en la amalgamacion de la plata, es este mismo calor desarrollado por el majistral, i no alguna otra accion del mismo majistal sobre los ele-

mentos que constituyen el mineral. Sabiendo a mas de esto, que todos los minerales que necesitan majistral para su beneficio, son los que pueden beneficiarse *por tuesta*, llaman estos minerales *frios*, por la razon de que en su beneficio *piden calor*.

Viendo tambien que un exceso de majistral produce en los *cuerpos* un defecto que solo se puede remediar añadiendo plomo, cal, o ceniza, defecto que los beneficiadores llaman exceso de calor, dieron a los *metales*, que, en lugar de pedir para su amalgamacion majistral, piden hierro, plomo, ceniza o cal, el nombre de *metales cálidos*.

Ya hemos dicho que la plata que se amalgama mediante estos últimos ingredientes, es plata córnea; i la que no se puede amalgamar sino mediante una mezcla de majistral i de sal comun, es plata sulfúrea, plata sulfo-antimonial, sulfoarsenical, etc.: luego, se sigue de todo esto que los minerales, que los beneficiadores americanos llaman *metales cálidos*, son los minerales de plata córnea (segunda clase); i los que llaman *metales frios*, son en jeneral los minerales (o *metales*) de las tres últimas clases. Solo entre éstas, los prácticos hacen una distincion mui importante i racional, formando una clase por separado de *metales de soroche*, que son, por lo comun, minerales de plomo o cobre platoso.

Queda por agregar que, pudiendo la plata pura, plata metálica, unirse directamente con el azogue, sin que alguna otra afinidad impida esta union, es claro que la amalgamacion de los minerales de plata nativa no necesita majistral, ni hierro, ni plomo, ni cal, ni ceniza; i solo se ayuda mediante la sal comun, cuya accion acelera las amalgamaciones, sea limpiando la superficie de los dos metales, i disolviendo los cloruros, que se pudieran formar durante la operacion, sea sirviendo de conductor eléctrico a las masas que se amalgaman, i activando las afinidades entre la plata i el mercurio.

Recapitulando lo que acabo de decir, se ve que los minerales que los mineros i beneficiadores llaman comunmente:

Metales cálidos................	Son los de *plata córnea;* i se pueden beneficiar en máquinas de hierro, o bien por patio, valiéndose del plomo, etc.;
Metales frios..................	Son los de plata sulfúrea, de rosicler, de plata antimonial, los súlfuros dobles i multiplices: en una palabra, los metales de la tercera i cuarta clase i todos se benefician *por majistral, por tuesta, por cazo: por fundicion;*
Metales de plata blanca....	No son ni *frios* ni *cálidos;* no piden ningun otro ingrediente mas que la sal; i comprenden toda cla-

se de metales, que contienen su plata en estado metálico, en estado de amalgama nativa, o bien en aleaciones con oro;

Metales de soroche........... Son minerales de plomo o cobre platosos, que no se han podido beneficiar hasta ahora con ventaja, sino por fundicion.

En qué terrenos se crian los minerales de plata.

Lecho (gisement) de los minerales de plata.—Se han encontrado las minas de plata en Chile en toda la cadena de los Andes, desde Copiapó hasta las cordilleras del Teno, pero el lecho de estas minas se halla siempre en unos *terrenos segundarios, estratificados*, que principian comunmente a unas diez o doce leguas de distancia de la costa, i se estienden hasta lo mas alto de la cordillera. Estos terrenos constan unas veces de rocas calizas o arcillosas, pizarreñas, con algunos restos orgánicos, con conchas i petrificaciones, otras veces, i esto es mas comun, de unos pórfidos arcillosos, abigarrados, que forman capas de diverso espesor, mantos o fajas. Las vetas corren comunmente de manifiesto en una altura, que casi siempre pasa de mil varas sobre el nivel del mar, i en algunas partes llega hasta dos i tres mil varas encima del mismo nivel. Los minerales varian de naturaleza segun la *latitud* i la distancia que separa las minas de la cumbre de la cordillera: en jeneral, los mas ricos se hallan en el norte, los mas pobres en el sur; la plata córnea abunda en aquellos, la plata sulfúrea cobriza en éstos. Observando el modo en que se hallan situadas las diversas minas de plata en una misma latitud, por ejemplo, en la parte septentrional de Chile, se ve que las vetas de plata córnea se hallan mas a la costa que las de minerales arsenicales i antimoniales; que, despues de éstas, aparecen mas al oriente, vetas cobrizas, con minerales de cobre platosos; i que todavía mas a la cordillera, empiezan a aparecer las de plomo platoso. En semejante órden suelen encontrarse las mismas variedades de *metales*, unos despues de otros, en un mismo cerro, o en una misma veta, a medida que vamos bajando desde la superficie de la tierra hácia el centro. Los de plata blanca, de plata córnea, i de amalgama nativa se crian comunmente en la parte superior de las vetas, i rara vez bajan a mas de 60 estados: aparecen despues los *arsénicos*, los de plata sulfúrea i antimonial, el rosicler; i debajo de éstos se hallan muchas veces los súlfuros cobrizos i la galena, las piritas, la blenda.

Matriz

En cuanto al criadero o a la matriz de ellos, lo único que se puede decir, es que, en jeneral, miéntras que en los *metales* de cobre predominan las arcillas i el cuarzo, en los de plata son los carbonatos, el sulfato de barita i el hidrato de hierro, los que constituyen la mayor parte de los criaderos. Entre los carbonatos se debe citar sobre todo el *espato perlado*, que es un

carbonato de cal, de manganeso, de hierro i magnesia, cristalizado muchas veces en romboedros mui pequeños, de lustre de perla, de color blanco, blanco amarillento, pardo o rojizo, cuyo mineral aparece casi jeneralmente en todas las minas de plata. La barita es tambien el compañero mas constante de los minerales de plata, i es mucho mas abundante que el anterior; algo escasos son el carbonato de hierro i el carbonato doble de hierro i manganesa. En fin, unas rocas compactas, segun parece, felspáticas, a veces porfíricas o arcillosas, ocráceas, constituyen la parte pedregosa de los criaderos mas comunes de plata.

§ IV.—PRODUCTOS DE LAS ARTES.

1. Productos del beneficio por fundicion;
2. Productos del beneficio por amalgamacion;
3. Aleaciones de plata con cobre, la moneda, la plata labrada;
4. Aleaciones de plata con oro (Véase oro).

Cuando los minerales de plata contienen mucho plomo o cobre, se benefician en grande como si no tuviesen otra cosa mas que estos dos últimos metales; i se estrae despues la plata, sea del plomo, sea del cobre, sea de los ejes ricos. Se puede consultar, respecto de los productos metalúrjicos del cobre i del plomo los artículos que tratan de ellos.

Los principales métodos de amalgamacion que se ponen en práctica actualmente en Chile son los siguientes:

1. Los minerales de plata córnea (metales cálidos) se benefician en unas tinas de madera con fondos de hierro, i la masa se mueve i se ajita con otras piezas de hierro movidas mediante una máquina; el beneficio dura veinticuatro horas; i la pérdida de azogue es cuando mas dos a tres onzas por cada marco de plata, porque toda la plata córnea se reduce por el hierro i no por el azogue.

2. Los minerales de plata blanca, i en particular los de amalgama nativa de Arqueros se benefician *por patio*, solo con sal i azogue, agregando a veces, al fin de las operaciones, un poco de *pir* o amalgama de plomo, para reducir el poco cloruro que los minerales tienen, o que pueden formarse durante la amalgamacion. El beneficio dura 6, 7, cuando mas 8 dias; i la pérdida de azogue no pasa de 4 onzas por cada marco de plata.

3. Los minerales arsenicales, antimoniales, de plata sulfúrea, de sulfuro de cobre platoso, etc. (metales frios) se tratan de diversos modos.

Unas veces se tuestan con sal comun o sin sal; despues se muele la materia calcinada, i se somete al beneficio por patio, como cualquier otro mineral.—Se entiende que la *tuesta* produce aquí un doble efecto: primero, destruyendo la combinacion de la plata con otros elementos, la dispone a unirse con el azogue; segundo, dando lugar a la formacion de los sulfatos de

de hierro i de cobre (por la pirita i por los súlfuros de cobre que se hallan comunmente en estos minerales), produce un verdadero majistral, el cual en el beneficio por patio, forma con la sal comun percloruros de hierro i de cobre, i mediante éstos, se *clorura* la plata: en fin, se sabe que en la tuesta sin sal, toda la plata puede convertirse en sulfato de plata.

En otras partes de América se benefician estos mismos metales por majistral, azogue i sal comun, sin tuesta, siguiendo el método mas comun del Perú i Méjico.

En otras, en fin, se trituran los minerales con sal i majistral cobrizo (sub-cloruro de cobre) en tinas o en unos montones; i despues se verifica la reduccion del cloruro en unas tinas grandes mediante el hierro i el cobre, en presencia del mercurio: o bien se efectúan estas operaciones en barriles.

En estos casos el beneficio dura mucho mas que en los métodos anteriores; se prolonga a veces en el Perú i en Méjico hasta 49 o 50 dias; i la pérdida de azogue sube hasta una libra por cada marco de plata.

Para evitar estas pérdidas i demoras, se esportan actualmente los mas *metales frios* de plata que produce Chile, en estado bruto; i algunos se funden con minerales de cobre o de plomo por ejes i se esportan estos ejes al estranjero.

El lavado o la operacion que tiene por objeto apartar la amalgama del lodo metálico, se efectúa tambien de varios modos: unas veces, en las mismas tinas donde se hace el beneficio, se lavan las tierras, i se recoje la amalgama; otras veces, se emplean para esto tinas a propósito, que tienen dos a tres varas de alto con un molinete adentro; en fin, en otras partes se verifica el lavado en unas *maritatas* o planos levemente inclinados, cubiertos de cueros; i entónces se apartan tambien las *lices* o la parte mas pesada de los lodos metálicos, la cual se detiene en el pelo de los cueros; i se halla comunmente mui rica en plata i azogue.

En fin, separada i bien lavada la amalgama, se esprime en unas mangas de lienzo, i se destila *per descensum* como en el método europeo. Sacada del horno la plata en este estado, se llama plata *piña*, i fundida despues en el horno de reverbero, toma el nombre de *plata en barra*.

Por consiguiente, los productos que mas interesan al beneficiador, en todas estas operaciones del método americano, son:

Metal molido. (A) *Las tierras o harinas del beneficio*, es decir, los minerales molidos que se someten a la amalgamacion. No se pierde nada en la molienda de los minerales, en los *trapiches* (o como llaman en Méjico *tahonas* o *arrastres*). Solo se separan del *comun* de los lodos metálicos, la *plata gruesa*, la *amalgama nativa gruesa* i algunas veces las partes matisas i gruesas de *plata córnea* i de *plata sulfúrea*, que quedan comunmente en la *solera*, por causa de la maleabilidad i del gran peso de estas sustancias. Los minerales de Arqueros dejan en la *solera* unos *relaves* tan ricos, que su análisis dió en una ocasion

Plata	0,8070
Mercurio	0,1305
Arseniato de cobalto i algun indicio de súlfuros metálicos	0,0175
Sulfato de barita	0,0450
	1,0000

I comunmente estos relaves no tienen mas que 7 a 8 por ciento de materias estrañas.

Las tierras que se someten a la amalgamacion por el método europeo en Freyberg, contienen comunmente 0,002 de plata (26 marcos).

La riqueza media de todos los minerales de plata que se estraen de Méjico, i se amalgaman, es de 0,0028 a 0,0025 de plata (20 30 marcos por cajon).—(Humboldt, *Ensaye político*, etc.)

La Veta Grande de Zacatecas, cuya produccion en nueve años ascendió a 1.454,941 marcos, dió en estos nueve años segun Burkart:

2.353,142	qls. de mineral de	0,0013	a	0,0025	(16 a 32 M.)	de plata
900,938	id. id.....	0,0050	a	0,0100	(64 a 128 M.)	
42,525	id. id.....	0,0100	a	0,0200	(128 a 250 M.)	
23,683	id. id.....	0,0300	a	0,5000	(400 a 6000 M.)	

Las dos últimas clases han sido beneficiadas por fundicion, i las dos primeras amalgamadas.

La riqueza de los minerales de plata del Cerro de Pasco, segun D. M. de Rivero, es de 10 a 12 marcos por cajon en los mas pobres (en los pacos); i esta riqueza sube muchas veces en los demas hasta 400 marcos.

En Chile, la lei de los *metales molidos* que se benefician por amalgamacion, es mui variable:—En Copiapó, rara vez i pocos se benefician que tengan ménos de 0,003: las harinas del beneficio de Arqueros tienen comunmente 0,010 a 0,012 (130 a 150 marcos); las de cobre gris de Machetillo 0,008 (100 marcos); las de cobre sulfúreo de Catemo i las de San Pedro Nolasco 0,005 a 0,008 (64 a 100 marcos).

(B) *Los relaves que se botan, o residuos de amalgamacion.*— Estos relaves contienen siempre plata i mercurio. La lei de plata pende por lo comun del método de amalgamacion que se ha aplicado al beneficio de los minerales, i de la prolijidad con que se han lavado las amalgamas. La plata se halla casi siempre en dos estados: la mayor parte de ella queda en estado de súlfuro, sulfo-antimoniuro, o sulfo-arseniuro; i la otra parte, en estado de una amalgama *seca*, dividida en partículas mui menudas, livianas, que la corriente de agua arrastra. Relaves.

Los residuos de amalgamacion de Freyberg, en Sajonia, no tienen mas que 0,0002 (dos i medio marcos por cajon) de plata.

Los de Coquimbo, que provienen de la amalgamacion de los minerales de amalgama nativa de Arqueros, tienen lei de 0,0005 a 0,00055 (seis i medio a siete marcos); pero cuando estos minerales contienen súlfuro, como sucede con algunos de la parte inferior de la Descubridora, la lei de los resíduos de amalgamacion sube a veces hasta 0,0015 (19 marcos).

La liz blanca que se pega a los cueros de las *maritatas* en el lavado de los resíduos mas pobres, i en el lavado hecho con toda prolijidad, consta de globulitos mui menudos de amalgama, i dió en un análisis:

Plata............................	0,0015	(19 marcos)
Mercurio..................	0,0081	(52 lib. por cajon).

La misma *liz*, pero salida de otro beneficio, volviéndola a lavar en una tablilla (por el método indicado páj. 4), se encontró compuesta de:

Mercurio en estado de óxido................	0,0085
Mercurio metálico..............................	0,4874
Plata..	0,0131
Sulfato de barita................................	0,4910
	1,0000

Ya se ha dicho, páj. 240, que la riqueza media de los *relaves*, que se botaban ántes en el beneficio de los minerales de Chañarcillo, hecho en fondos de hierro, era 0,0019. La lei de ellos varía segun la naturaleza de los minerales de cuyo beneficio provienen; pero los métodos perfeccionados que se usan actualmente en Copiapó, dejan en los resíduos de amalgamacion cuando mas 0,0002 a 0,0003 en plata, si el mineral no pertenece a la categoría de aquellos de plomo o cobre arjentífero cuyo beneficio presenta grandes dificultades.

Piña.

(C) *Plata piña i plata en barra.*—Ya hemos dicho que la plata piña es la que se obtiene directamente de la destilacion de las amalgamas. Como en esta operacion la plata no se funde, i queda como porosa, mucho mas liviana que la plata fundida, resulta que retiene siempre tres a cuatro por ciento de azogue con plomo (cuando en el beneficio se ha empleado el plomo), i a veces con indicio de cobre. Su lei, por consiguiente, varía de 0,960 a 0,970, i rara vez llega a 0,980.

Cuando el mineral deja, durante la molienda en la solera del trapiche, una cantidad considerable de plata gruesa, como sucede casi siempre con los *metales* de Arqueros, entónces se beneficia esta plata por separado, lavándola con azogue en una batea, i refregándola bien a fin de separar las piedras i partículas

Piña de relave i piña de beneficio.

de tierra. Se hacen de ella por separado *piñas*, que son unas aglomeraciones de partículas de plata, las cuales nunca se habian amalgamado completamente, i aun se disgregan en los de-

dos. Esta especie de piña se llama comunmente *piña de relave*, miéntras la otra, que proviene del beneficio por patio, o de cualquier otro beneficio, se llama piña de beneficio. Aquella retiene comunmente cinco a seis por ciento de materias estrañas, i su peso específico es 9,18; miéntras la otra no tiene casi nunca sustancias de la parte pedregosa de la matriz, pasa directamente a la copelacion, i su peso específico es 6,58. Analizadas las dos especies de piña, que provenian del beneficio de unos minerales de Arqueros, dieron:

	Piña de relave.	Piña de beneficio.
Plata	0,045	0,965
Mercurio con indicio de cobalto, de arsénico i de hierro	0,036	mercurio 0,035
Criadero insoluble en los ácidos	0,010	......
	0,991	1,000

La plata fundida o *plata en barra*, que proviene de la fundicion de las *piñas*, en Chile es casi fina; ménos, cuando éstas salen de un beneficio por plomo, i sobre todo, cuando se emplea el plomo que contiene cobre, o cuando los minerales tienen cobre nativo o plomo, i se someten préviamente a una tuesta. Con esas escepciones, la mayor parte de las barras ensayadas dieron lei de 0,993 a 0,997 (11 dineros 22 granos a 11 dineros 23 granos).

Plata que proviene de la copelacion en grande.—Se distingue la *plata bruta* producida por la copelacion de los *plomos de obra*, de la *plata refinada* que proviene de la segunda copelacion o refinacion de aquella. La primera suele contener a mas de plomo, cobre, antimonio, arsénico, etc. i es de baja lei; la segunda apénas da indicio de plomo i es casi pura.

Plata obtenida por precipitacion.—Contiene siempre cobre, i no es homojénea. Plata obtenida por los métodos Augustin i Ziervogel contiene por lo comun plomo, antimonio, arsénico repartidos en la masa del metal mui desigual.

Aleaciones de plata con cobre.—Estas aleaciones son casi tan dúctiles como la plata i tienen siempre mayor dureza i mayor elasticidad: por esto se emplean para moneda i para toda clase de obras i adornos.

La lei antigua de la moneda de plata en Chile, como en todas las Américas ántes españolas habia sido de *diez dineros, veinte granos:* lo que corresponde a

Plata	0,9026
Cobre	0,0974
	1,0000

La lei de la moneda actual de Chile es...... 0,900

En cuanto a la *plata labrada*, todas las aleaciones, cualquiera que sea su lei, están permitidas.

La lei de aleaciones autorizada en Francia, es la siguiente:

Para la moneda de plata.........	0,100	de cobre	0,900	de plata
Para la de vellon..................	0,800	—	0,200	
Para la plata labrada (vaisselle)	0,050	—	0,950	
Para las alhajas (bijoux)........	0,200	—	0,800	
Para la soldadura................	0,120 a 0,330		0,880 a 0,670.	

A estos productos de arte se deben añadir todos los productos artificiales de plomo i los que provienen del beneficio de los minerales de plomo, porque todos o casi todos pueden contener plata i se ensayan por plata.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

§ I.—DIVISION DE LAS MATERIAS QUE CONTIENEN PLATA, EN DOS CLASES; ESPRESION DE LA LEI DE ELLAS.

Con respecto a los modos de ensayar, se deben dividir las materias que contienen plata, en dos clases:

1.ª Minerales i productos de artes en que la plata se halla mezclada o combinada con las sustancias que no pueden pasar a la copelacion: tales son los mas súlfuros, seleniuros, arseniuros, las aleaciones con antimonio, estaño, etc., las escorias, fondos de copela, litarjirios; las materias que contienen mucho hierro o alguna sustancia térrea, etc.

2.ª Materias que pueden inmediatamente ser copeladas: como son las aleaciones de plata con plomo i con cobre; el súlfuro, el seleniuro, la galena, el súlfuro de cobre, algunos arsenio-súlfuros i el cloruro.

En todos los ensayes de plata es preciso primeramente obtener este metal en aleacion con plomo, i copelar despues esta aleacion, para separar el plomo i otras sustancias estrañas que se puedan encontrar en la plata.

Antes de pasar a la descripcion de los diversos métodos de ensayar las materias que contienen plata, es de necesidad dar a conocer el modo como se espresa la *lei*, es decir la riqueza de estas materias.

Hai tres modos de espresar la *lei* o la *riqueza* de las materias

que contienen plata.—El primero mas moderno, consiste en espresar esta *lei* en fracciones decimales de la unidad; i este modo es jeneral, se aplica a toda clase de materia, tanto a los *minerales*, como a las *pastas i aleaciones*.

El segundo modo, el que se usa jeneralmente en Chile i en toda la América, se aplica particularmente a los minerales i productos metalúrjicos, i consiste en espresar esta lei en número de marcos i onzas de plata contenidos en cada cien libras o cada quintal de materia, o en cada *cajon*, que se considera como peso de 64 quintales en Chile, i solo como peso de sesenta i dos i medio quintales en el Perú.

Observacion.—Nada mas fácil que reducir una *lei* espresada en fracciones decimales, en otra espresada en marcos i onzas por cajon. Supóngase que la lei del mineral en fracciones sea 0,002: esto quiere decir que en cada *unidad* de mineral hai dos milésimas de esta *unidad* de plata: por cada mil libras (10 quintales) de mineral, dos libras de plata. Para reducir esta *lei* en marcos diremos que, habiendo en cada libra de mineral 2/1000 de una libra de plata, lo que corresponde a 4/1000 de un marco (porque 1 libra=2 marcos=16 onzas), resulta que en cada 100 libras o quintal de mineral, hai 4/10 de un marco de plata, i por consiguiente, en un *cajon* que vale sesenta i cuatro quintales, hai 64×0,4M=25 marcos 5 onzas de plata. Ahora, para trasformar una *lei* espresada en marcos i onzas en otra en fracciones decimales, es preciso reducir el número de marcos i onzas a libras i fracciones decimales de una libra, i despues, dividir esto por 6400.

El tercer modo de espresar la lei de las materias que contienen plata, se aplica a las *pastas*, es decir, a las aleaciones de plata con cobre, de plata con plomo, de plata con plomo i cobre, etc.—Este modo, admitido jeneralmente en España i casi en toda América, tiene por base lo siguiente: *miéntras la lei entera de la plata fina se divide en el sistema decimal en mil partes iguales, la misma lei de plata fina por el método antiguo se divide en doce dineros, i cada dinero en veinticuatro granos.* Se entiende que en este caso los dineros i granos no son unos pesos determinados, sino partes de una unidad, i sirven para espresar en qué proporcion se halla la cantidad de *fino* o de *plata fina*, contenida en una pasta, con respecto a la cantidad total de la plata.

Hé aquí la tabla de comparacion de los dineros i granos con las fracciones decimales:

DINEROS.	DECIMALES.	GRANOS.	DECIMALES.
1= 24	0,0833	24	0,0833
2= 48	0,1667	23	0,0799
3= 72	0,2500	22	0,0764
4= 96	0,3333	21	0,0729
5=120	0,4167	20	0,0694
6=144	0,5000	19	0,0660
7=168	0,5833	18	0,0625
8=192	0,6667	17	0,0590
9=216	0,7500	16	0,0556
10=240	0,8333	15	0,0521
11=264	0,9167	14	0,0486
12=288	1,0000	13	0,0451
		12	0,0417
		11	0,0382
		10	0,0347
		9	0,0312
		8	0,0278
		7	0,0243
		6	0,0208
		5	0,0174
		4	0,0139
		3	0,0104
		2	0,0069
		1	0,003472

Observaciones.—Si en defecto de tabla de comparacion, se quiere reducir la lei espresada en decimales en otra en dineros i granos, el cálculo se ejecuta por medio de una simple regla de proporcion.—*Ejemplo*: se pregunta, ¿cuántos dineros i granos dará una plata de 0,800 de *fino* o puro? Dígase 1000 es a 12 como 800 es al número que se busca,=9,6; es decir que la plata dará nueve dineros i seis décimos de dinero. Pero, como no son décimos de dinero lo que se busca, sino granos; para convertir estas fracciones de dinero en granos, es menester multiplicarlas por 24, que es el número de partes en que se divide el dinero: i dividiendo en seguida el producto que es 144, por 10, dará 14,4; resultando que la plata será de 9 dineros, 14 granos, 0,4.—Si se pregunta ahora ¿cuántas milésimas dará la plata de 11 dineros 9 granos? Se dirá: 12 es a 1000 como 11 dineros 9 granos son al número que se busca. Redúzcanse desde luego los 9 granos a fracciones decimales multiplicándolos por 10, hasta que resulte

un producto que pueda dividirse por 24; i póngase ántes del cuociente tantos ceros como veces se habrá multiplicado por 10 el número de la fraccion. Se tendrá en este caso 0,375, que añadidos a los 11 dineros, hacen 11,375, los cuales multiplicados por 1000, darán 11,375; i este producto dividido por 12, dará 0,9479 por cuociente, o mas sencillo, 0,948. La plata será, pues, de 0,948 de fino.

§ II.—MATERIAS DE LA 1.ª CLASE, QUE NO PUEDEN COPELARSE DIRECTAMENTE.

Para separar la plata de las materias de la primera clase, i hacerla entrar en una aleacion con plomo, se emplean varios métodos, los cuales se ejecutan:

(A) *Por fundicion, con flujo reductivo;*
(B) *Por fundicion con flujos oxidantes;*
(C) *Por escorificacion:*
(D) *Por amalgamacion.*

(A) *Fundicion con flujo reductivo.*—Se funden con flujo reductivo, por ejemplo, con flujo negro todas las sustancias que contienen plomo, i en las que el plomo está al estado de óxido; como son los minerales de carbonato, de fosfato de plomo, etc., las escorias, los fondos de copela, los litarjirios, etc. Todas las materias que contienen súlfuro de plomo con plata, se ensayan por plomo, por medio de uno de los métodos que hemos indicado (páj. 187—193) para ensayar las materias plomizas de la 2.ª clase, teniendo cuidado de escojer el método que produce la mayor proporcion de plomo: porque la esperiencia ha probado que, aunque la mayor parte de la plata se reconcentra en las primeras porciones de plomo que se separan, queda siempre cierta cantidad de plata en los ejes o en las escorias; esta cantidad es mui pequeña pero a veces notable, i tanto mayor cuanto mas plomo retienen estas materias.

Se pueden ensayar como por cobre todos los minerales de cobre oxijenados que contienen plata, i producen cobre puro o casi puro; porque el cobre aleado con plata pasa inmediatamente a la copelacion por medio del plomo.

Se funden tambien con un flujo reductivo todas las materias *Litarjirio.* que contienen plata sin plomo, pero mezclada o combinada con óxidos que no son reductibles, o bien con óxidos cuyos metales no pueden dañar a la copelacion como son los mas *metales cálidos*, o minerales de plata córnea, los pacos i colorados del Perú i Chile, i los de plata metálica o amalgamada, cuando no se hallan acompañadas por ningun súlfuro, arseniuro, etc. En este caso, es preciso añadir cierta cantidad de litarjirio que pueda producir plomo metálico, con el cual debe alearse la plata. Se puede sustituir esta mezcla de flujo reductivo i de litarjirio por otra de plomo metálico i un flujo cualquiera; pero la primera mezcla es preferible, porque el plomo que produce, estando diseminado

uniformemente en toda la masa i al estado naciente, se apodera mejor de todas las partículas de plata.

El reductivo que se emplea ordinariamente en esta especie de ensayes, es el carbon puro o bien el flujo negro. Se le puede sustituir el almidon o bien otras sustancias análogas que hemos citado tratando de los reactivos. La proporcion que se ha de emplear, debe variar segun las circunstancias, de manera que el plomo obtenido no sea demasiado rico en plata, i no se produzca demasiado plomo. Cuando el plomo que sale de un ensaye, es demasiado rico, se ha de temer que se pierda plata en las escorias: si al contrario se obtiene una gran proporcion de plomo, la copelacion de este plomo exijirá mucho tiempo, i se perderá mucha mas plata que si la cantidad del plomo fuese menor: la práctica dá a conocer las mejores proporciones, teniendo presente que una parte de carbon produce como 30 partes de plomo con litarjirio; i que una parte de flujo negro produce con el mismo litarjirio una parte de plomo.

En todo caso se aconseja, que despues de haber sacado el plomo de la primera fundicion, de la materia que se ha ensayado, plomo cuyo peso podrá servir para determinar la lei en este metal de dicha materia, se vuelva a fundir en el mismo crisol la escoria con unos 20 a 25 gramos de litarjirio i 2 decígramos de carbon, para recojer la plata detenida por las escorias i se copela el plomo que de esta segunda fundicion proviene junto con el de la primera.

Flujo. En cuanto a los flujos, se emplean el litarjirio, el flujo negro, la potasa, el carbonato de sosa o bórax. *Litarjirio.* El litarjirio es un flujo mui cómodo, porque ocupa poco espacio, se funde sin hervir, i produce escorias mui liquidas con toda clase de sustancias, pero corroe los crisoles e introduce en el ensaye la plata que tiene. La esperiencia ha probado que todas las piedras, arcillas i sustancias que contienen mucho hierro, se funden mui bien, empleando 8 a 12 partes de litarjirio. Si a mas de éste se añade a la mezcla ½ parte a una parte de flujo negro, o 1/59 a 1/25 de carbon por una parte de mineral, el ensaye en jeneral tiene buen éxito, i se obtiene media parte a una parte de plomo con plata.

Flujo negro. El flujo negro sirve de fundiente para todas las sustancias que no contienen demasiada alumina, o bien en las que no predomina la cal: 2 a 3 partes de este flujo bastan ordinariamente para fundir; i se añade entóntes 1 parte de litarjirio para producir plomo.

Potasa. La potasa bruta (conocida en el comercio con el nombre de potasa perlasa) produce el mismo efecto que los álcalis cáusticos, tiene el defecto contener sulfato que en la fundicion puede dar lugar a la formacion de sulfuro. Los ensayadores del comercio suelen emplear este reactivo, porque se consigue mui fácilmente; i al mismo tiempo añaden al ensaye una cierta cantidad de carbon en polvo. El carbonato de sosa, purificado i fundido, o bien bicarbonato de sosa calcinado, son talvez los mejores flujos para ensayes de plata, i a ellos dan preferencia Durocher i Malagutti.

El bórax tiene tambien como el litarjirio la ventaja de ser un flujo universal, sobre todo, es bueno para fundir las materias que contienen mucha cal; pero necesita mucho cuidado para evitar la pérdida que pudiera provenir de la esfervescencia. *Bórax.*

Los ensayadores de Paris suelen ensayar las cenizas de los plateros del modo siguiente: se toman 25 gramos de estas cenizas todavía húmedas, i se mezclan con 15 gramos de litarjirio, 15 gramos de potasa i 15 gramos de bórax. Se echa todo en un crisol, i se lo calienta, teniendo el crisol destapado miéntras la materia esté hirviendo; despues, cuando ya cesa de hervir, se tapa el crisol, i se aumenta el fuego para que se funda completamente la mezcla. A veces, ántes de retirar el crisol del fuego, echan sobre la materia fundida cierta cantidad de litarjirio. Ordinariamente no es necesario añadir flujo reductivo alguno, porque estas cenizas están mezcladas con mucho carbon; en caso que fuesen blancas, sin carbon, seria preciso añadir flujo negro o carbon molido. Schultter prescribe fundir los fragmentos de crisoles mui ricos con 0,70 de litarjirio i 0,30 de plomo en granitos, i despues volver a fundir las escorias con flujo negro, porque sucede casi siempre que estas escorias retienen plata.

Causas de la pérdida de plata en esta clase de ensayes.—La plata puede perderse: 1.° en la fundicion, 2.° en la copelacion. *Pérdida de plata.*

Suele perderse en la fundicion, cuando la materia no está bien fundida i las escorias no tienen fluidez suficiente, cuando no hai bastante plomo que pueda agarrar todas las partículas de plata diseminadas en la masa, cuando en la reduccion se produce alguna sustancia volátil como el zinc que arrastra consigo plata, o bien cuando en la reduccion de algun sulfato puede formarse mucho súlfuro.

Piérdese tambien plata en la copelacion, como luego se tratará de esto mas determinadamente, ya por volatilizacion, ya por oxidacion, ya por la introduccion de globulillos de este metal en la copela.

Un hecho averiguado por Durocher i Melagutti (a), el que puede echar mucha luz en esta materia, es el siguiente: —*En toda copelacion hecha sobre la cantidad de plomo que no excede* 30 *gramos, con tal que la cantidad de plata contenida en él no pase de* 25 *milígramos, la pérdida de plata es tan pequeña que no es apreciable en la balanza; pero excediendo el peso de plata* 25 *milígramos, la pérdida principia a ser apreciable.* Los mismos químicos han visto que la cantidad de plomo puede aun aumentar mucho, hasta cien gramos, sin que la pérdida de plata sea notable, cuando la proporcion de esta última es pequeña, por ejemplo de 2 a 2½ milígramos.

Debo sin embargo advertir que la opinion de Rivot difiere en esto de la de Durocher i Melagutti, i da por regla que para evitar pérdidas de plata se debe someter a la copelacion el peso de plo-

(a) Véase la citada Memoria sobre la asociacion de plata, etc.; páj. 206.

mo mas reducido posible. En apoyo a su aseveracion cita, que habiendo tomado una aleacion de plomo i plata de lei conocida, i habiendo copelado tres diferentes cantidades de esta aleacion que pesaban 25 gramos, 155 gramos i 200 gramos;

La primera (de 25 gr.)	dió para la lei de plomo...			0 00205
La segunda (de 155)	id.	id.	id...............	0.00179
La tercera (de 200)	id.	id.	id................	0.00168

i en fin, copelando solamente 10 gramos del mismo plomo i repitiendo la copelacion varias veces obtuvo para el contenido de plata 0.00211.

Opina tambien Rivot que para los plomos mas ricos en plata, se pierde *relativamente* ménos plata, operando sobre pesos de plomo mui grandes i copelando lijeramente, que para plomos mas pobres.

Algunos ensayadores alemanes tienen por regla que para evitar pérdidas de plata en la copelacion del plomo que proviene de los ensayes de los minerales de plata, es necesario conducir la copelacion mui lentamente, templando cuanto sea posible la temperatura i elevarla solamente al fin de la operacion por un momento. (1) Aun en este momento evitan subir el fuego al punto de que se derrita el anillo, es decir, el borde que durante la copelacion suele formar el litarjirio en forma como de plumillas lustrosas, medio traslucientes.

Admítese tambien en varios injenios alemanes que miéntras mas rico en plata es el mineral, mas plata se pierde en el ensaye: de manera que suelen tomar por regla lo siguiente:

Se añade a la lei sacada de la copelacion del plomo una media milésima, si directamente sale esta lei... 0.005 a 0.025
1 milésima.................................. 0.025 a 0.200
2 milésimas................................. 0.200 i arriba tambien miéntras mas subida la lei mas se recomienda repetir el ensaye.

Reglas para evitar la pérdida de plata.

Para obtener la mayor proporcion de plata en un ensaye de esta clase de materias, podemos adoptar por reglas:

En primer lugar; hacer las mezclas mui fusibles para que la escoria sea la mas líquida posible.—Con este objeto emplean Durocher i Malagutti con preferencia flujo negro i carbonato de sosa i no añaden litarjirio sino en cantidad necesaria para producir plomo: se puede en tal caso prolongar la operacion i aumentar bastante la temperatura sin corroer el crisol.

En segundo lugar; producir en ciertos casos mas bien exceso que falta de plomo, pudiéndose aumentar el peso de este metal hasta 20 o 25 gramos.

---

(1) Es un adajio entre los ensayadores alemanes:
«Kühle getrieben undheisser Blick
Ist der Probier kunst Meister stück.»

En tercer lugar; tomar para el ensaye cantidad de materia cuya lei se quiere determinar, tanto menor, cuanto mayor sea esta lei: de manera que el plomo de copelacion no contenga mas de 2 a 3 centígramos de plata: así se tomará por ejemplo para ensayar 5 gramos de materia cuya lei no pasará de 0.005 i solo un gramo de materias ricas que tengan mas de 0.025 de plata.

Creo tambien indispensable advertir que el citado hecho, averiguado por Durocher i Malagutti, se refiere solamente al plomo puro i no al plomo cobrizo; pues en tal caso la pérdida de plata aumenta por la oxidacion del cobre, como luego volveré a este asunto con ocasion de los ensayes de segunda clase, hechos con flujos oxidantes.

Entiéndese tambien que si la fundicion con flujo reductivo nos da cobre platoso, tendremos que copelarlo como aleaciones de esta especie i correjir el resultado valiéndonos de la tabla de compensacion.

(B) *Fundicion con reactivos oxidantes.*—Los reactivos oxidantes que se emplean en los ensayes de los minerales de plata, son el litarjirio i el salitre. Se sabe que el litarjirio ataca todos los súlfuros, arsenio-súlfuros, etc., oxidando todos los elementos de que constan estos minerales, si se emplea en cantidad suficiente. Se reduce una cantidad de plomo proporcional a la cantidad de la materia oxidable, de modo que resulta del ensaye una escoria en la que predominan el óxido de plomo, i una aleacion de plomo i plata, que por lo comun contiene mui poca proporcion de metales estraños, escepto cobre, i puede pasar inmediatamente a la copelacion. Este modo de ensayar es mui cómodo. Se mezcla el mineral con litarjirio; se coloca todo en un crisol, que se puede llenar casi enteramente, porque casi nunca hai efervescencia; se echa por encima una capa delgada de litarjirio puro; se calienta rápidamente, i se retira el crisol, luego que esté perfectamente líquida la materia. No se debe mantener por mucho tiempo el crisol en el fuego, porque el litarjirio tiene la propiedad de corroer la arcilla, i no tardaria en agujerear el crisol. La proporcion de litarjirio que se ha de emplear, pende de la naturaleza i de la proporcion de las sustancias oxidables contenidas en el mineral: debe ser, en jeneral, mui grande, porque se ha reconocido que, para que la plata no se pierda en las escorias, es necesario hacer de modo que no quede ningun vestijio de súlfuros en ellas; i se sabe que se necesita mucho litarjirio, para descomponer completamente los súlfuros metálicos (páj. 30). Así las piritas exijen hasta 50 partes; el sulfo-arseniuro de hierro, la blenda, el súlfuro de antimonio, la pirita de cobre, el cobalto gris, el cobre gris, 25 a 40 veces su peso; el súlfuro de bismuto 10 partes; la galena i el súlfuro de plata 4 a 5 partes de litarjirio. Se entiende que no se necesita tanto litarjirio para los ensayes de minerales que contienen mucho criadero, como para los que constan casi enteramente de sustancias metálicas. Así ha probado la esperiencia que por lo comun se ensaya mui bien la parte lavada de un mineral, o bien cualquier

Fundicion con litarjirio.

Operacion.

Proporcion de litarjirio.

mineral que se beneficia en grande por amalgamacion, fundiéndolo con 10 o 12 partes de litarjirio.

Se pueden tambien ensayar por medio del litarjirio las aleaciones de plata con los metales mui oxidables, como son el hierro, el zinc, el antimonio, el estaño; pero para que la operacion tenga buen éxito, es preciso reducir las aleaciones en partículas mui finas, o en unos granitos; i a veces se necesita repetir la misma operacion con la nueva aleacion de plomo que se obtiene.

Fundicion con salitre i litarjirio. El modo de ensayar que acabamos de describir, tiene en jeneral el inconveniente de producir demasiado plomo; así, segun Berthier, las piritas producen $8\frac{1}{2}$ partes de este metal; la pirita de cobre i la blenda, 7 partes; el súlfuro de antimonio i el cobre gris, como 6 partes, etc. Se evita este inconveniente efectuando en parte la oxidacion por el salitre.

Segun Durocher i Malagutti,

1	parte de pirita	produce 9 a 13 partes de plomo.
1	de blenda	" 7 a 9 partes.
1	de cobre piritoso o abigarrado 8 a 10 partes.	
1	de cobre gris 6,6 a 10 partes.	
1	de súlfuro de antimonio 8 a 9 partes.	
1	de sulfo-arseniuro de hierro 6 a 10 partes.	

Un exceso de salitre puede oxidar todas las sustancias combustibles i metálicas que se encuentran con la plata, i aun en algunas circunstancias cierta cantidad de plata misma; pero cuando este reactivo no se halla en proporcion suficiente para oxidar todo, i al mismo tiempo hai en la mezcla litarjirio, el salitre es el primero que principia a obrar en los súlfuros; i despues que éste ha producido todo su efecto, viene el litarjirio a obrar sobre las sustancias que quedan todavia por oxidarse, i pueden absorber el oxijeno. De esto resulta cierta cantidad de plomo, que se alea con la plata, i aun impide la oxidacion de esta pequeña proporcion de plata, que se hubiera oxidado por el salitre, si no se formase la aleacion de plata con plomo. Se puede, pues, empleando una proporcion conveniente de salitre i litarjirio, estraer toda la plata de un mineral oxidable i obtener el metal aleado con una proporcion de plomo tan pequeña como se quiera. En cuanto a la determinacion de la mejor proporcion del salitre, es preciso examinar la naturaleza del mineral i variar esta proporcion segun las circunstancias: así las piritas de hierro necesitan mas de $2\frac{1}{2}$ partes de salitre para oxidar completamente todos sus elementos; el súlfuro de antimonio necesita $1\frac{1}{2}$ partes: la galena $\frac{2}{3}$ partes. Se puede, por otra parte, determinar la mejor proporcion de salitre del modo siguiente: Se hace fundir 1 gramo de mineral con 40 gramos a lo menos de litarjirio, i se pesa el plomo que resulta de esta fundicion: en seguida, habiendo determinado aproximativamente por la lei de plata que se supone en el mineral, cuanto plomo se necesita sacar del ensaye para que el boton de plomo que se va a copelar no sea demasiado rico, ni la copelacion de-

Proporcion.

Operacion.

masiado larga e incómoda, se saca por diferencia cuanto plomo se debe dejar en las escorias al estado de óxido, i como se sabe por esperiencia que una parte de plomo necesita 0,25 a 0,30 de salitre para oxidarse, es fácil calcular cuanto salitre se debe emplear para obtener la proporcion de plomo mas conveniente para el ensaye. Cuando hai azufre en el mineral, se produce sulfato de potasa, que sobrenada en las escorias; i solo esta parte de potasa que proviene de la descomposicion de la sal por los metales oxidables, es la que obra como flujo.

Ventajas e inconvenientes del método.

Este modo de ensayar es aplicable a todos los súlfuros, arseniuros, sulfoarseniuros, etc., i ocasiona menor pérdida de plata en los ensayes que la calcinacion de estos minerales i la fusion del mineral calcinado con flujos reductivos. A este modo de ensayar dan tambien preferencia Durocher i Malgutti i no emplean para cada ensaye definitivo, sino 30 gramos de litarjirio, una a dos partes de carbonato de sosa i 1 gramos de salitre por cada 5 gramos de plomo que quieren oxidar.

Ejemplo, para ensayar una pirita amarilla de Pontpean fundieron primero 1 gramo de esta pirita con 30 gramos de litarjirio i 10 gramos de carbonato de sosa, de lo que obtuvieron 12,5 gramos de plomo. Este ensaye preliminar les indicó que 10 gramos de pirita darian 125 gramos de plomo. Tomando pues para el ensaye definitivo 9.7 gramos de esta pirita, emplearon 20 gramos de salitre para oxidar poco mas o ménos 100 gramos de plomo e hicieron la mezcla siguiente:

9,7	gramos	de pirita.
20,0	"	de salitre.
25,0	"	de carbonato de sosa.
30,0	"	de litarjirio.

Fundida esta mezcla dió 16,2 gramos de plomo.

La incertidumbre que en estos casos se presenta para la proporcion de salitre que se ha de emplear para cada especie mineral proviene no solamente de la cantidad variable de criadero que se halla en el mineral, sino tambien de lo variable que es la composicion de varios polisúlfuros, sulfoarseniuros i sulfoantimoniuros en la naturaleza.

Blendas.

Asi para las blendas casi puras los citados autores emplearon las mezclas siguientes:

	(1)	(2)
Mineral	10 "	10 "
Salitre	14 "	12 "
Litarjirio	24 "	30 "
Carbonato de sosa	12 gramos	10 gramos,

Piritas.

La primera dió 18,88 gramos i la segunda 21,16 gramos de plomo.

Para la pirita:

Mineral	10	gramos.
Salitre	15	"
Litarjirio	30	"
Carbonato	10	"

Esta mezcla ha producido 19,8 de plomo, i ha de variar necesariamente para diversas especies de piritas magnéticas, cobrizas, arsenicales, etc.

Materias cobrizas. Pero la distincion mas importante que se debe hacer para esta clase de ensayes es cuando se trata de ensayar materias mui cobrizas, como el cobre piritoso, cobre abigarrado, cobre sulfúreo, cobre gris. En estos casos, si el mineral contiene mui poco criadero i se funde con litarjirio solo, se obtiene, como ya queda dicho (páj. 30) cantidad excesiva de plomo, i si se añade a la mezcla salitre, en proporcion suficiente para que queden cuando mas 12 o 15 gramos de plomo, el plomo que resulta de la fundicion es tan cobrizo, que no todo el cobre contenido en él pasa a la copelacion, i se necesita las mas veces volver a copelar el boton de metal, despegándolo de la copela i agregando plomo, lo que ocasiona pérdidas considerables de plata.

En todo caso, la pérdida de plata en la copelacion es tanto mayor cuanto mas cobrizo es el plomo i cuanto mas rica en plata es esta aleacion.

El hecho es que, haciendo ensayes de materias mui cobrizas, segun el método arriba descrito, resulta que, copelado el plomo del ensaye preliminar, hecho sobre un gramo de mineral con exceso de litarjirio, sin salitre, se obtiene una lei siempre mas elevada que la que se saca del ensaye definitivo, hecho sobre 5 o 10 gramos de mineral i con adicion de salitre.

Advertencia para materias cobrizas Creo, por consiguiente, que para las materias sulfuradas o arsenicales mui cobrizas, ejes o minerales, no se debe emplear sino litarjirio solo, sin adicion de salitre. Si la materia no produce mas de 3 i 4 partes de plomo, i es pobre, se podrá tomar de ella para ensaye 5 gramos i se fundirá con 12 a 15 veces su peso de litarjirio, añadiendo 5 a 10 gramos de carbonato de sosa; si se espera obtener, o el ensaye preliminar nos da proporcion mayor de plomo, operaremos sobre 4, sobre 3 o sobre 2 gramos de materia, es decir, sobre cantidad de ella tanto menor, cuanto mas litarjirio necesita i cuanto mas plomo produce. En todo caso es indispensable conocer con exactitud la lei de litarjirio que se emplea, i quitar del peso de la plata obtenida por copelacion el de plata debida al litarjirio.

Cuando la materia de esta clase cobriza, es mui rica en plata, como son a veces minerales de cobre sulfúreo platoso en Chile, mayor lei se saca, i mas aproximada a la verdadera, operando sobre 1 o 2 gramos de materia que sobre 4 o 5, con tal que se emplee proporcion conveniente de litarjirio (30 a 40 gramos) sin salitre, i se tenga una buena balanza para el ajuste del peso.

En muchas ocasiones se hace mui ventajoso i cómodo este modo de ensayar las materias, que contienen plata. Supóngase que queremos determinar con mucha exactitud la proporcion de plata contenida en una galena mui pobre; se puede fundir una gran cantidad de esta galena, por ejemplo 100 gramos o mas con 30 a 40 gramos de salitre i 100 gramos de carbonato de sosa, o mejor con 100 gramos de litarjirio: uno i otro de estos dos últimos reactivos no sirven para otra cosa mas que para fundir los criaderos, i templar la efervescencia, miéntras la plata se reconcentra en una pequeña cantidad de plomo. *Fundicion con salitre solo.*

A veces se hace el ensaye con una cantidad de salitre mayor de la que se necesita para oxidar completamente el mineral; despues, cuando ya está bien fundida la mezcla, se introduce plomo metálico, teniendo cuidado de cubrir con este plomo toda la superficie de la materia fundida; para esto se emplea plomo reducido a granos o a unas hojas bastante anchas; o bien, se hace uso de una mezcla de litarjirio i de carbon, o de litarjirio i de galena. La lluvia de plomo metálico, que atraviesa las materias fundidas, se apodera de todas las partículas de plata diseminadas, i las reune en una aleacion. Sin embargo, no se debe siempre tener mucha confianza en este proceder; porque en caso que hubiera un esceso de salitre en contacto con algunas sustancias que pudiesen producir un peróxido capaz de *atacar* (de oxidar) la plata, como son las sustancias que contienen cobre, el plomo añadido reduciria la mayor parte de la plata que se habia convertido en óxido; pero puede suceder que tambien quede un poco de plata al estado de óxido sin reducirse. *Fundicion con salitre i plomo.*

Se pueden citar por ejemplo los ensayes que se hacen por este método, del súlfuro de antimonio i de sustancias que tienen níquel. *Súlfuro de antimonio.*

100	partes	de súlfuro de antimonio,
100		de carbonato de sosa,
100		de salitre,

Se fundieron perfectamente bien; i todo el súlfuro se atacó sin proyeccion ántes de fundirse.—Puesta despues en el baño una hoja de plomo que pesaba 40 partes, se ha obtenido 30 partes de plomo con toda la plata que habia contenido el mineral.

El plomo que se obtiene fundiendo las sustancias que contienen níquel, con litarjirio, nunca es bastante puro para que pase inmediatamente a la copelacion, aun cuando se empleen 20 partes de litarjirio: este plomo retiene 0,04 a 0,05 de níquel, de arsénico i de azufre, que forman en la superficie del baño una costra, la cual no desaparece hasta el fin de la operacion, i hace ahogar el ensaye. Por esto, seria necesario escorificar el plomo ántes de someterlo a la copelacion. Pero se puede hacer todavía mas pronto el ensaye fundiendo estas materias (por ejemplo, las que se recojen en el fondo de los crisoles, donde se prepara el esmalte o el azul de cobalto) con 10 partes de litarjirio i 2 par- *Materias que contienen níquel.*

tes de salitre i cubriendo despues el *baño* con 1 a 2 partes de plomo estirado en una lámina: la oxidacion se verifica en totalidad por el salitre, sin efervescencia; i dando un fuerte golpe de fuego, se obtiene las escorias mui líquidas. El plomo que se obtiene se apodera de toda la plata i se copela sin dificultad. Se puede reemplazar las 2 partes de salitre con 3 partes de nitrato de plomo.

Añadiré la siguiente descripcion de los procedimientos que aconseja emplear Rivot en su gran obra de Docimasia. (Vol. 4 páj. 910-930).

1. *Minerales mui pobres.*—En un crisol que no sea demasiado pequeño se hace una mezcla de 100 gramos de mineral con 100 gramos de litarjirio i 50 gramos de carbonato de sosa o de bórax vitrificado, segun la naturaleza de los criaderos. Se aumenta gradualmente el fuego hasta la fusion de las materias i en seguida se deja que algo se enfrie. En el momento en que las materias se ponen espesas, se estiende sobre la superficie de ellas una capa de litarjirio mezclado con carbon, 15 gramos de litarjirio i 0 gr. 6 de carbon; auméntese la temperatura hasta el calor rojo i manteniendo el ensayo con este calor por algun tiempo se debe revolverlo de vez en cuando con una hoja de hierro. La misma operacion de enfriar, de añadir una mezcla de litarjirio con carbon i de volver a calentar, deben repetirse a lo ménos una vez todavía i en seguida se da un golpe de fuego por 4 o 5 minutos.—Cuando el mineral contiene 4 a 5 por 100 de galena, basta emplear cada vez que se estienda la mencionada mezcla sobre la superficie de la materia enfriada 10 a 12 gramos de litarjirio con 0 gr. 3 de carbon.

2. *Litarjirios.*—Siendo indispensable conocer con toda exactitud posible la lei del litarjirio que se emplea, para restar la plata contenida en él del peso de la que se obtiene en la copelacion, Rivot insiste en la prolijidad con que se ha de efectuar el ensaye del litarjirio, i para esto aconseja lo siguiente:

Hágase una mezcla íntima de 100 gramos de litarjirio con 1 gramo de carbon en polvo mui fino i 25 gramos de bórax vitrificado. Se puede calentar el crisol mas lijero que en el caso anterior, pues habrá poca efervescencia. En ménos de 20 minutos la operacion concluida, se deja enfriar el crisol, se quiebra i se saca el plomo que por lo comun pesa 24 a 28 gramos. En seguida se recojen las escorias, se muelen en un almirez, i despues de haberlas mezclado con 6 decigramos de carbon, se repite la fundicion i se obtiene otro boton de plomo. Las escorias de esta segunda fundicion contienen todavía algun indicio de plata: de manera que si se someten estas últimas a una tercera fundicion con adicion de carbon i se copelan por separado los plomos sacados de la primera, de la segunda i de la tercera fundicion, se reconoce que del de la segunda se obtiene un grano de plata que pesa como $\frac{1}{4}$ del peso de plata sacada de la copelacion del plomo de la primera fundicion, i el tercer plomo copelado da todavía una partícula de plata visible.

Rivot opina que para obtener la mayor proporcion de la plata contenida en el litarjirio conviene mas bien efectuar su reduccion *parcialmente* en dos o tres fundiciones, como se acaba de decir, que en una sola.

Pero tambien el mismo autor advierte (lo que me parece incontestable) que en muchos casos las pérdidas inevitables en los ensayos son mas considerables que lo que corresponda a la cantidad de la plata introducida en ellos con el litarjirio, i que muchas veces (assez souvent) no conviene restar esta cantidad del peso de la plata obtenida en la copelacion del plomo que proviene de los minerales o cualesquiera productos de artes ensayados: (sobre todo cuando estos productos i minerales son mui cobrizos o arsenicales).

3. *Blenda pirita de hierro.*—Todo procedimiento por medio de una calcinacion prévia i en seguida por fundicion ocasiona pérdidas inevitables de plata i solamente podria dar resultados exactos, como ensayo de oro, cuando el mineral es aurífero.

Prefiere Rivot, para ensayar estos minerales por plata, el método arriba descrito, fundicion con litarjirio i salitre: aconseja, por ejemplo, mezclar 25 gramos de mineral con 30 a 40 gramos de carbonato de sosa, 30 a 40 gramos de bórax i 100 de litarjirio con la proporcion de salitre que debe ser determinada por el ensaye *preliminar* (páj. 276). Se tendrá por exacto el resultado de la fundicion cuando el peso del plomo es de 25 gramos, poco mas o ménos, i la escoria no contiene granallas: la pérdida de plata en la copelacion se halla compensada con la plata contenida en los 100 gramos de litarjirio empleado en la fundicion.

4. *Minerales antimoniales.*—Son por lo comun de una lei subida en plata. Rivot recomienda para sus ensayes el método siguiente:

Se ha de hacer una mezcla íntima de 25 gramos de minera con 50 gramos de bórax, 75 gramos de salitre i 100 gramos de litarjirio; el crisol debe ser bastante grande para que la mezcla no pase de la mitad de su altura i se cubre esta mezcla con carbonato de sosa. Se eleva lentamente el fuego, evitando la efervescencia, i no se debe ajitar las materias fundidas con la hoja de hierro. Cuando toda la masa se halla líquida i el salitre enteramente descompuesto, se hace enfriar un poco el crisol i se introduce en él 40 gramos de litarjirio con 8 decígramos de carbon. Se aumenta el fuego i en seguida se repite otra vez la misma adicion de 40 gramos de litarjirio con carbon. Se da, en fin, un golpe de fuego i se obtiene 25 a 30 gramos de plomo con la totalidad de la plata i del oro; pero la copelacion de este plomo presenta por lo comun dificultades por causa del antimonio, del hierro i aun del zinc que suele contener.

5. *Minerales cobrizos.*—Todo procedimiento de fundicion con litarjirio i salitre tiene el defecto (como ya queda indicado, páj. 273) de producir plomo cobrizo i aun mezclado con algo de hierro i de arsénico.

Cuando el ensayo tiene por objeto determinar solamente la lei

en plata i no su contenido en oro, Rivot aconseja hacer uso del *método mixto* que consiste en tomar 100 gramos de mineral, introducirlo con 20 gramos de litarjirio en un gran matraz como de 3 litros de capacidad i atacarlo por el agua rejia, evitando de emplear esta última en proporcion demasiado grande. Se vierte en seguida sobre la materia atacada mucha agua en ebullicion, se deja que se aclare la disolucion por un dia; i despues de lavado por decantacion el resíduo con agua fria, se filtra, se hace secar la materia separada del filtro i se la somete a una fundicion con tres veces su peso de carbonato de sosa, 15 gramos de litarjirio i 5 decígramos de carbon.

Este método es largo, incómodo, pero puede servir en ciertos casos para constatar la lei de los minerales mui pobres.

6. *Método por escorificacion.*—La escorificacion, del mismo modo que la fundicion con el litarjirio, tiene por resultado producir una aleacion de plata i de plomo capaz de pasar a la copelacion, i una escoria mui fusible que se compone de óxido de plomo i de todas las sustancias contenidas en el mineral, trasformadas en óxidos, escepto la plata. Pero en la fundicion es el litarjirio el que hace oxidar estas materias, i de la reduccion del litarjirio proviene todo el plomo que entra en la aleacion; miéntras que en la escorificacion todas las materias se oxidan por la calcinacion con el contacto del aire, i el litarjirio mismo se produce por la oxidacion de una parte del plomo metálico que se habia añadido. Para ejecutar esta operacion, se emplean unas cápsulas o tazas redondas de tierra refractaria que se llaman *escorificatorias*, i se calientan en la mufla de un horno de copelacion. Se pueden hacer en un mismo tiempo tantos ensayes como escorificatorias quepan en la mufla; en Freyberg ponen hasta 30 de una vez.

Operacion. Antes de introducir las escorificatorias en el horno, se coloca en cada una de ellas un peso determinado de mineral reducido a polvo; se mezcla el mineral con plomo reducido a granitos pequeños, de manera que la mitad de plomo se halle revuelto con el mineral i la otra mitad puesta encima, i se calienta fuertemente por un cuarto de hora, teniendo la puerta de la mufla cerrada; fundido el plomo, se disminuye el calor i se da acceso al aire abriendo las puertas. Con la fundicion del plomo, todo el polvo de la materia que se ensaya siendo mas liviano que el plomo va a la superficie i principia la calcinacion, i esta calcinacion se ejecuta sin que haya necesidad de revolver continuamente la materia, como se ha de hacer, cuando se calcinan algunas sustancias que han de quedar al estado de polvo. Por efecto de la oxidacion se forman en el baño metálico unas escorias que se llevan a los bordes, dejando el centro lustroso; pero aumentando sucesivamente, acaban por cubrir del todo la superficie metálica: se dice entónces que hai *relámpago*. Estas escorias, que muchas veces al principio de la operacion se hallan duras i sólidas, se ponen despues mas i mas blandas, i al fin se vuelven enteramente líquidas, porque, a medida que la operacion avanza, la propor-

cion de óxido de plomo aumenta tambien considerablemente.

Cuando se cree que la escorificacion está al concluirse, se sonda la materia con un corchete de hierro, se la ajita para agregar a la masa las partes duras o pastosas que pudieran pegarse al fondo del vaso o en los bordes; i luego despues se aumenta el fuego a fin de liquidar las escorias lo mas completamente posible. Se reconoce que ya son bastante líquidas cuando, sumerjiendo en la escoria un alambre de hierro enrojecido por el fuego, la estremidad del alambre se cubre con una película tan lijera que no pueda formarse ni una sola gota sólida en la punta. Esta condicion es indispensable para que los globulitos metálicos puedan todos reunirse en una sola esferilla. Cuando las escorias no son bastante líquidas, i esto proviene de que no se ha escorificado bastante el mineral, se debe continuar la operacion sin agregar cosa alguna; pero si esto sucede por falta de plomo o del flujo, es menester añadir entónces una nueva cantidad de estas sustancias, o mejor, volver a hacer el ensaye con proporciones mas convenientes. Concluida la operacion, se retira la escorificataria de la mufla i se echan las materias fundidas en un molde hemisférico de hierro: las partes metálicas caen al fondo; i como se enfrian repentinamente, no se pegan al molde i producen una esferilla cubierta de escorias. Estas se separan fácilmente con el golpe del martillo, i deben ser vitreas, mui homojéneas, de un color pardo, amarillento o verdoso. Es preciso examinar si no contienen granallas metálicas. La esferilla metálica debe ser tan dúctil como el plomo puro; sin esto no pudiera pasar a la copelacion, i se necesitaria someterla a una nueva escorificacion. Si la operacion se prolonga demasiado, se ha de temer que el litarjirio que se forma corroa el vaso i lo agujeree: para que las escorificatorias resistan mejor a la accion del litarjirio, es bueno refregarlas interiormente con cal o peróxido de hierro. El plomo que sale de esta operacion debe pesar como 15 gramos cuando se ensayan minerales de lei ordinaria; i la operacion no debe durar mas de una hora: muchas veces se efectúa en media hora.

En los ensayes que exijen mucho cuidado se distinguen tres períodos en la operacion; es decir, la *calcinacion*, la *fundicion* i la *escorificacion*. Se principia por calentar mucho la mufla, pero se abre la puerta tan pronto como se halla fundido el plomo. Se ve entónces que el mineral, siendo mas liviano que el plomo metálico, sobrenada en la superficie del baño i empieza a calcinarse: en este momento, por el color de los vapores, se puede reconocer la naturaleza de las sustancias que se oxidan. El azufre produce vapores de un pardo claro; el zinc, vapores blancos, espesos i una llama blanca, brillante; el arsénico, vapores de un color blanco parduzco; el antimonio, vapores rojos, etc. Cuando ya no se desarrolla humo i desapareciendo el mineral se descubre la superficie del plomo metálico, es prueba de que la calcinacion está terminada: este período ha de durar como 18 a 20 minutos. Se aumenta entónces por un rato el fuego para hacer

entrar las escorias en una fusion completa. Se reconoce que ya están fundidas por las señas siguientes: al momento que se abre la mufla, la esferilla de plomo se pone de un color rojo blanquecino con una cintura gris negruzca; se elevan del baño unos vapores de plomo de un blanco claro i la escoria está formando un anillo al rededor del baño metálico: es precisamente el tiempo en que principia el tercer período. Se enfria el horno como durante la calcinacion i se continúa la escorificacion del plomo hasta que el baño se cubra enteramente con óxido fundido: este último período dura ordinariamente por quince minutos. Al fin, se vuelve aumentar el fuego por 5 a 6 minutos i se echa la materia fundida en el molde.

Ventajas. La escorificacion se aplica a todas las materias que contienen plata, sin ninguna escepcion; i al mismo tiempo es el modo mas exacto de ensayar: es tambien un método mas cómodo cuando tenemos que hacer muchos ensayes de una vez, i podemos tener continuamente una mufla bien caliente en un injenio donde se benefician los minerales de plata.

Cuando las materias que se ensayan tienen mucha piedra, el óxido de plomo que se forma por la calcinacion se combina con esta piedra i la hace fusible, miéntras la plata se combina con lo restante del plomo. Si estas materias son metálicas, los metales oxidables absorben el oxíjeno del aire, i los óxidos que de esto resultan, forman con el litarjirio que se produce al mismo tiempo un compuesto que se funde luego que la cantidad de litarjirio aumenta hasta cierto punto; i si la escorificacion se ha hecho de un modo conveniente, no queda metal alguno con el plomo, ménos la plata, i un poco de cobre que nunca puede impedir la copelacion.

Lo que hai de particular en la escorificacion, es que, por pequeña que sea la proporcion de plomo que se añade, nunca al fin de la operacion queda indicio alguno de oxisúlfuros en la escoria. En realidad, estos oxisúlfuros, aunque se pudiesen formar durante la operacion, se descompondrian siempre por la calcinacion: se sigue, pues, de allí que mui rara vez sucede que las escorias tengan plata. Ahora, con respecto a la proporcion del plomo, basta emplear solo la cantidad necesaria para liquidar las escorias i formar una esferilla de peso conveniente para copelar. Hemos visto que al contrario, cuando se ensayan los súlfuros i los arsenio-súlfuros por el litarjirio, es preciso emplear 30 a 50 partes de litarjirio por una de mineral para evitar que las escorias contengan unos oxisúlfuros en combinacion; porque en este caso retendrian al mismo tiempo una cantidad notable de plata.

Plomo i bórax. Todas las escorificaciones pueden ejecutarse añadiendo solo plomo; sin embargo, se ha reconocido que la operacion se efectúa mas pronto, i los vasos se agujerean mas difícilmente empleando al mismo tiempo bórax. Esta sal disuelve los óxidos a medida que van formándose; i al mismo tiempo obra sobre el criadero, i constituye con estas materias unas escorias que se

ponen líquidas desde el principio de la operacion, lo que no sucede cuando se hace uso solo del litarjirio, porque éste no se halla en proporcion suficiente para liquidar las escorias, sino cuando ya está adelantada la escorificacion. La proporcion de plomo i de bórax que se necesitan para efectuar la escorificacion, varia mucho segun la naturaleza de las sustancias que se ensayan; i se debe aumentar, tanto mas, cuanto mas difíciles de fundir son los óxidos que se forman en la escorificacion. En los casos mas comunes se emplean 16 partes de plomo i 1 parte de bórax vitrificado; pero algunas veces se necesitan hasta 32 partes de plomo i 3 partes de bórax: una gran proporcion de bórax es útil, sobre todo para las materias que contienen mucha cal, mucho óxido de zinc o de estaño; pero tambien es perjudicial cuando la materia es mui sulfurosa o arsenical; pues en tal caso, puede formarse desde el principio una capa gruesa de escorias que taparian el ensaye, impidiendo el contacto del aire: se formaria oxisulfuros u oxiarseniuros i se prolongaria la operacion. Por esta razon, cuando la presencia del estaño, del zinc o de cal exije que se aumente la proporcion de bórax, se prefiera introducir al principio una parte solamente de este reactivo, mezclado con el mineral, i añadir despues mas cuando se ve necesidad, sobre todo si la materia es mui ferrujinosa.

Hai sustancias que se escorifican mui fácilmente con una pequeña cantidad de plomo. Así, la galena i el súlfuro de cobre no necesitan mas que 2 partes de plomo; sin embargo, se emplean algunas veces mas de 8 partes de plomo, cuando el mineral contiene mucho criadero. El cobre gris arsenical se escorificaria mui bien con 6 a 7 partes de plomo; pero es mas seguro emplear un poco mas de este metal. Resulta de los esperimentos hechos en Hartz, que para escorificar el antimoniuro de plata, si se agregan 8 partes de plomo, se pierde 1/140 de plata en las escorias; agregando 16 partes de plomo, se pierde 1/200 poco mas o menos de plata; pero añadiendo a las 16 partes de plomo 3 partes de bórax, las escorias no contienen plata, i el ensaye es perfectamente exacto. Es mui difícil separar el estaño de la plata por la *via seca*: para esto, el mejor modo consiste en calcinar la aleacion en una escorificatoria, en añadir despues 16 partes de plomo i 3 parte a lo menos de bórax, i continuar la operacion, como de costumbre: algunos ensayadores aconsejan de añadir ½ partes de limadura de hierro, diciendo que de este modo se verifica con mayor facilidad la escorificacion. *Proporcion de plomo.*

Ejemplos: (Probierkunst de Bodemam, Clansthol 1857 páj. 298). Galena platosa, mineral que tiene 60 a 80 de plomo:—se le agrega 6 veces su peso de plomo con 15 por ciento de bórax vitrificado; si el mineral se halla mezclado con pirita o blenda, ha de subir la proporcion de plomo a 11 veces el peso del mineral, i la de bórax a 20 o 30 por ciento del peso de la materia que se ensaya.

Minerales mas comunes, de mucho criadero i que contienen plata sulfúrea, plata roja, pirita, blenda, hierro espático i cal, ne-

cesitan 12 a 15 veces su peso de plomo con 15 por ciento de bórax; i se añade despues algo mas plomo. Se debe fundir lijero, la escorificacion al contrario debe ser lenta i se termina con un golpe de fuego. Los minerales, cuyo criadero es básico, se mezclan con 25 a 30 por ciento de bórax, que se añade por partes: los de mucho criadero ácido, piden 8 veces su peso de plomo con 20 por ciento de bórax i los piritosos 12 a 14 veces su peso de plomo con 10 a 15 por ciento de bórax.

Minerales de plata cobrisos necesitan tanto mas plomo (de 10 a 20 partes por 1 de mineral) cuanto mas cobre tienen, de manera que en el plomo de copelacion haya a lo menos 16 a 17 veces mas cobre que plomo.

Minerales de plata que contienen zinc se mezclan con 10 a 16 veces su peso de plomo i 15 a 25 por ciento de bórax. Si las escorias se ponen mui duras, secas, por haberse formado mucho óxido de zinc, se pone encima de la materia un pedazo de carbon enrojecido por cuya accion se reducirá el óxido i arderá el zinc. El ensaye en tal caso dará siempre resultados inseguros; se aconseja tomar cantidad considerable de mineral (si tiene mucha blenda), atacar lo primero por agua rejia i en seguida escorificar el resíduo.

Los minerales arsenicales exijen para su ensaye, temperatura mui elevada; algunos hasta 16 veces su peso de plomo i 50 por ciento de bórax. Los que tienen mucha lei en plata con dificultad se ensayan por este método.

Los que contienen cobalto i níquel exijen tambien alta temperatura, i hasta 20 veces su peso de plomo: el bórax se añade durante la operacion.

Los ejes cobrisos de 20 a 30 por ciento de cobre se escorifican con 12 a 15 su peso de plomo.

Materias terrosas (escorias, etc.) hasta con 32 su peso de plomo.

4.°. *Ensaye por amalgamacion.*—Suelen los beneficiadores americanos ensayar por amalgamacion los minerales que por el mismo método o por precidimiento análogo benefician en grande. Si la plata contenida en el mineral se halla al estado de plata metálica o plata córnea, sin mezcla de especies sulfuradas arsenicales o antimoniales, someten el mineral molido a una amalgamacion inmediata, con azogue, sal, añadiendo a veces ceniza o *pir* (amalgama de plomo) i triturando la mezcla con agua sobre un cuero estendido, o en un barrilito puesto en movimiento jiratorio por algunas horas. Si el mineral contiene súlfuros arseniuros, antimoniuros, i en jeneral por sus caractéres pertenece a la clase de lo que llaman *metales frios*, lo hacen pasar primero por una calcinacion prévia con sal, i a veces con algo de pirita, evitando aumentar demasiado la temparatura i revolviéndolo continuamente; en seguida lo muelen hasta reducirlo a polvo finísimo en un almirez o sobre una piedra. Si en esta primera calcinacion hubo aglomeracion o se nota que ha quedado algo de metal *crudo*, vuelven a calcinarlo por la segunda vez. Se ama-

sa despues el polvo calcinado, añadiendo sal, azogue i tanta agua cuanto se necesita para dar a la mezcla cierta consistencia i la masa quede espesa, i se tritura esta masa al sol, aunque no de un modo contínuo, añadiendo agua caliente i *repasando* la masa con prolijidad, sobre un cuero: o bien poniéndola en movimiento con agua caliente en un barril. La operacion, aunque no continua; suele durar uno *o* dos dias. Cuando en un ensaye hecho sobre pequeña cantidad de dicha masa, sobre una tacita redonda, con agua, juzgan que toda la plata se ha unido con azogue, agregan todavia una o dos libras de azogue con el objeto de reunir las partículas diseminadas de amalgama, i la recojen por medio de lavado. Esta amalgama líquida, la hacen filtrar por un lienzo, i comprimen, cuanto se pueda, el resíduo de la filtracion, hasta que ya dejen de salir de él gotillas aun mas pequeñas de mercurio. Hacen por lo comun el ensayo sobre una media libra o una libra de mineral i determinan su lei, ya sea por el peso de amalguma *seca*, bien comprimida en el lienzo, calculando que tiene la *sesta parte de su peso de plata*, ya calentando fuertemente esta amalgama (refogándola) en un crisolito i pesando la plata.

Este modo de ensayar, largo, incómodo, i de poca seguridad, puede ser útil, cuando se procura averiguar de antemano, cómo se portará un mineral desconocido, en el beneficio de amalgamacion que se le quiere aplicar en grande en un injenio.

§ III MATERIAS DE LA SEGUNDA CLASE—COPELACION.

La *copelacion* es una de las operaciones mas injeniosas que se han inventado: se conoce desde un tiempo inmemorial, i tiene mucha semejanza con la *escorificacion*. Las dos tienen por objeto el separar la plata o el oro de las diversas sustancias estrañas mediante el plomo; pero en la copelacion las escoria se absorben por la materia del vaso llamado *copela*, miéntras en la escorificacion quedan en el baño: de modo que en aquella, estando siempre el plomo descubirto i en contacto con el aire, logramos oxidar no solo tadas las sustancias estrañas, sino tambien el plomo; i al fin no queda otra cosa mas en la copela que la plata o el oro, o bien estos dos metales aleados. Ahora, exijiendo la copelacion, como condicion indispensable, que las escorias tengan la propiedad de atravesar la copela, i de absorberse en ella, se ve por qué esta operacion no se aplica sino a un corto número de sustancias, miéntras la escorificacion se aplica a todas. El plomo i el bismuto son los únicos metales cuyos óxidos cuando puros, tienen la facultad de penetrar la materia de las copelas: pero mediante uno u otro, los diversos óxidos los que hallándose aislados, formarian en la superficie de la copela escorias infusibles, adquieren la propiedad de atravesarla. Por esto, cuando tenemos que copelar alguna sustancia, es menester principiar por combinarla con plomo o bismuto en proporcion conveniente, para que los óxidos de estos metales puedan arrastrar consigo en

la copela todas las sustancias estrañas oxidadas durante la operacion. Esta proporcion, como se verá mas adelante, varia segun las sustancias i segun las circunstancias.

Se efectúa la copelacion en los *hornillos de mufla* descritos páj. 21. La temperatura de estos hornillos varía segun su tamaño, la altura de la chimenea, la disposicion de las rejas, etc: no es tampoco igual en las diversas partes de la mufla. Así, una mufla ordinaria, la que en el fondo da 21° de pirómetro no produce mas que 12° en el medio, i solo 8° por delante. En los hornillos que sirven comunmente para los ensayes de la moneda de plata, el fondo de la mufla tiene 24° partes de temperatura.

Copelacion de las aleaciones de plata i cobre.—Los ensayadores distinguen dos especies de ensayes de las aleaciones de plata i cobre: cuando se trata de ensayar una aleacion en que predomina la plata, la operacion toma el nombre de *ensaye de plata*; i cuando se ensaya una aleacion en que predomina el cobre, se llama *ensaye de vellon.*

El objeto de la operacion es de determinar cuanta plata hai en un peso conocido de aleacion de plata i cobre. No pudiendo el óxido de este último atravesar la copela, si no se halla unido con una cantidad conveniente de óxido de plomo, se vé que, miéntras mas cobre hai en la aleacion que se quiere ensayar, mas plomo se debe agregar al ensaye. Las proporciones mas convenientes para toda clase de aleacion, han sido determinadas por la esperiencia; con esto se ha formado la siguiente tabla, que se debe al señor Arcet, i se ha adoptado por todos los ensayadores.

TABLA de las cantidades de plomo que se agregan a las aleaciones de diversas leyes de plata.

LEI.	PLOMO.	LEI.	PLOMO.	LEI	PLOMO.
	milésimas.		milésimas		gramos.
1000	300	989	660	979	1 380
999	300	989	720	978	1 460
998	300	987	780	977	1.540
997	550	986	840	976	1.620
996	550	985	900	975	1.720
995	550		gramos	974	1.790
994	550	984	1.000	973	1.830
993	550	983	1.080	972	1.930
992	550	902	1.160	971	2.000
991	550	981	1.220	970	2.070
990	600	980	1.300	969	2.140
968	gramos.	933	4.690	898	7.060
967	2.210	832	4.760	897	7.090

LEI.	PLOMO.	LEI.	PLOMO.	LEI.	PLOMO.
	gramos		gramos.		gramos.
966	2.280	931	4.830	896	7.120
965	2.350	930	4.900	895	7 150
964	2.420	929	4.970	894	7.180
963	2.510	928	5 040	893	7.210
962	2.580	927	5.110	892	7.240
961	2.650	926	5.180	891	7.270
960	2.720	925	5.250	890	7.300
959	2.790	924	5.320	889	7.330
958	2.860	923	5 390	888	7.360
957	2.930	922	5.460	887	7.390
956	3.010	921	5.530	886	7.420
955	3.080	920	5.600	885	7.450
954	3.150	919	5.670	884	7.480
953	3.220	918	5.740	883	7.510
952	3.290	917	5.810	882	7.540
951	3 360	916	5.880	881	7.570
950	3.430	915	5.950	880	7.600
949	3.500	914	6.020	879	7.630
948	3.570	913	6.090	878	7.670
947	3.640	912	6.160	877	7.700
946	3.710	911	6.230	876	7.730
945	3.780	910	6.300	875	7 760
944	3.850	909	6.370	874	7.790
943	3.920	908	6.440	873	7.820
942	3.990	907	6.510	872	7 850
941	4.060	906	6.580	871	7.880
940	4.130	905	6.650	870	7.910
939	4.200	904	6.720	869	7.940
938	4.270	903	6.790	868	7.970
937	4.340	902	6.860	867	8.000
937	4.410	901	6.930	866	8.030
936	4.480	900	7.000	865	8.060
935	4.550	899	7.030	864	8.090
934	4.620	828	9.170	793	10.140
863	8.120	827	9.200	792	10.160
862	8.150	826	9.230	791	10.180
861	8.180	825	9.250	790	10.200
860	8.210	824	9.280	789	10.220
859	8.240	823	9.310	788	10.240
858	8.270	822	9.340	787	10.260
857	8.300	821	9.370	786	10.280
856	8.330	820	9.400	785	10.300
855	8.360	819	9.430	784	10.320
854	8.390	818	9.460	783	10.340

LEI.	PLOMO.	LEI.	PLOMO.	LEI	PLOMO.
	gramos.		gramos		gramos.
853	8.420	817	9.490	782	10.360
852	8.450	816	9.520	781	10.380
851	8 480	815	9.550	780	10.400
850	8 510	814	9.580	779	10.420
849	8 540	813	9.610	778	10.440
848	8.570	812	9.640	777	10.460
847	8.600	811	9.670	776	10.480
846	8.630	8 0	9.700	775	10.500
845	8.660	809	9.730	774	10.520
844	8.690	808	9.760	773	10.540
843	8.720	807	9.790	772	10.560
843	8.750	806	9.820	771	10.580
841	8.780	805	9.850	770	10.600
840	8.810	804	9.890	769	10 620
839	8.840	803	9.910	768	10.640
838	8.870	802	9.940	767	10.660
837	8.900	801	9.970	766	10.680
836	8.930	800	10.000	765	10.700
835	8.960	799	10.020	764	10.720
834	8.990	798	10.040	763	10.740
833	9.020	797	10.060	762	10.760
832	9.050	796	10.080	761	10.780
831	9.080	795	10.100	760	10.800
830	9.110	794	10.120	759	10.820
829	9.140	723	11.540	688	12.240
758	10.840	722	11.560	687	12.260
757	10.860	721	11.580	686	12.280
756	10.880	720	11.600	685	12 300
755	10.900	719	11.620	684	12.320
754	10.920	718	11.640	683	12.340
753	10.840	717	11.660	682	12.360
752	10.960	716	11.680	681	12.380
751	10.980	715	11.700	680	12.400
750	11.000	714	11.720	678	12.420
749	11.020	713	11.740	677	12.440
748	11.040	712	11.760	676	12.460
747	11.060	711	11.780	675	12 480
746	11 080	710	11.800	674	12 500
745	11.100	709	11.820	673	12.520
744	11.120	708	11.840	672	12.540
743	11.140	107	11.860	671	12.560
742	11.160	706	11.880	670	12.580
741	11 180	705	11.900	669	12.600
740	11.200	704	11.920	668	12.620

LEI.	PLOMO.	LEI.	PLOMO.	LEI	PLOMO.
	gramos.		gramos		gramos.
739	11.220	703	11.940	667	12.640
738	11.240	702	11.960	666	12.660
737	11.260	701	11.980	665	12.680
736	11.280	700	12.000	664	12.700
735	11.300	699	12.020	663	12.720
734	11.320	698	12.040	662	12.740
733	11.340	697	12 060	661	12.760
732	11.360	696	12.080	660	12.780
731	11.380	695	12.100	659	22.800
730	11.400	694	12 120	658	12.820
729	11.420	693	12.140	657	12.840
728	11.440	692	12.160	656	12 860
727	11.460	691	12.180	655	12.880
726	11.480	690	12.200	654	12.900
725	11.500	689	12.220	581	12.920
724	11.520	617	13.660	580	14.475
653	12.940	616	13.680	579	14 500
652	12.960	615	13.700	578	14.525
651	12.980	614	13.720	577	14 550
650	13.000	613	13.740	576	14.575
649	13.020	612	13.760	575	14.600
648	13.040	611	13.780	574	14.625
647	13.060	610	13.800	573	14.650
646	13.080	609	13.820	572	14.o75
645	12.100	608	13.840	571	14.700
644	13.120	607	13.860	570	14.725
643	13.140	606	13.880	569	14.750
642	13.160	605	13.900	568	14.775
641	13.180	604	13.920	567	14.800
640	13.200	603	13.940	566	14.825
639	13.220	602	13.960	565	14 850
638	13.240	601	13.980	564	14 875
637	13.260	600	14.000	563	14 900
836	13.280	599	14.025	562	14.925
635	13.300	598	14.050	561	14.950
634	13.320	597	14.075	560	14.975
633	13.340	596	14.100	556	15 000
632	13 360	595	14.125	558	15.025
631	13.380	594	14.150	557	15.050
630	13.400	593	14.175	556	15 075
629	13.420	592	14 200	555	15.100
628	13.440	591	14.225	554	15 125
627	13.460	590	14.250	553	15 150
626	13.480	589	14.275	552	15.175

LEI.	PLOMO.	LEI.	PLOMO.	LEI	PLOMO.
	gramos.		gramos		gramos.
625	13.500	588	14.300	551	15.200
624	13.520	587	14.325	550	15.225
623	13.540	586	14.350	549	15.250
622	13.560	585	14.375	548	15.275
621	13.580	584	14.400	547	15.300
620	13.600	583	14.425	546	15.325
619	13 620	582	14.450	513	15.350
618	13.640	529	15.775	512	16.175
545	15.375	528	15.800	511	16.200
544	15.400	527	15.825	510	16.225
543	15.425	526	15.850	509	16.250
542	15.450	525	15.875	508	16.275
541	15.475	524	15.900	507	16.300
540	15.500	523	15.925	506	16.325
539	15.525	522	15.950	505	16.350
538	15.550	521	15.975	504	16.375
537	15.575	520	16.000	503	16.400
536	15.600	519	16.025	502	16.425
535	15.625	518	16.050	501	16.450
534	15 650	517	16.075	500	16.475
533	15.675	516	16.100		16.500
532	15.700	515	16.125		
531	15.725	514	16.150		
530	15.750				

Los ensayes de plata por la via seca se hacen unas veces sobre un *gramo* (20 granos castellanos), otras veces sobre un medio gramo (10 granos), segun la lei de la aleacion, es decir, segun la mayor o menor proporcion de cobre contenido en ella. Así, desde la plata de lei de 1000 milésimas o plata pura, hasta la de 800 milésimas inclusivamente, se toma un gramo de pasta para el ensaye; i se toma solo medio gramo de ella, cuando tiene menos que 800 milésimas. En este último caso se emplea tambien solo la mitad del peso del plomo que se tomaria, si el ensaye se hiciese sobre 1 gramo; lo que, por ejemplo, para la lei de 500 milésimas haria bajar la cantidad de plomo a 8 gramos i cuarto, en lugar de 16 gramos, 500 indicados en la tabla: se entiende que concluido el ensaye, se han de doblar los resultados de la operacion, a fin de que el número de milésimas se refiera al peso principal, es decir, al gramo.

Descripcion de la operacion. La primera cosa que se ha de hacer, cuando tenemos que determinar la lei de una aleacion de cobre, por ejemplo, de una barra de plata o de una moneda, es *aproximar* o determinar

aproximativamente la lei; i esto es indispensable, porque las cantidades de plomo que se agregan, corresponden, como hemos dicho, a las diversas *leyes* de las pastas. El exámen de las propiedades físicas i sobre todo mucha práctica dan a conocer esta lei aproximativa: así; la aleacion tendrá tanta mas plata, cuanto mayor sea su peso específico, i cuanto mas blanca sea, mas dúctil i menos sonora; por la misma razon se reconoce que la lei es baja, cuando la plata es liviana, amarilla, dura i sonora. Si esto no es suficiente, se puede hacer uso de *la piedra de toque;* o bien se hará calentar un pedacito de esta aleacion hasta el calor rojo, i en este caso, si la pasta tiene mucho cobre, se volverá negra. *Aproximacion de la lei.*

La piedra de toque conocida en la mineralojía con el nombre de *piedra lídia*, es una piedra negra, inatacable por los ácidos, i mas dura que los metales: de modo que, frotándola con la plata quedan en la piedra vestijios de este metal; i por el color de la raya se juzga de la lei de la plata. Pero, para determinar aproximativamente esta lei, se hace uso de unas *puntas* o *barritas*, de comparacion (touchau), de una lei conocida: se componen para esto cinco *puntas* desde 700 hasta 800 milésimas de fino (desde 8 dineros 9 granos i medio hasta 9 dineros 14 granos i medio), de modo que la diferencia entre ellas no sea mas que de 20 milésimas (6 granos de fino). Cuando se quiera ensayar, por ejemplo, unas alhajas de plata, que hayan de llevar la marca de segunda lei, que es de 800 milésimas, se tocan en la *piedra;* se forma luego junto a las señales que han dejado, un toque con la liga de comparacion, i se juzga por el color si son de la misma lei, o si se diferencian. Como la mayor parte de estas pequeñas alhajas están blanquecidas, es necesario, para no engañarse, quitar por medio de un primer toque la capa superficial de que no debe hacerse uso, i hacer otro que es el que ha de examinarse. Cuando la piedra de toque es de un negro subido i puro, i se han formado *toques* bien cargados, la diferencia de color de las señales de plata viene a ser mui notable en una diferencia de menos de 20 milésimas de lei (6 granos), principalmente si se los examina con un lente. *Piedra de toque.*

Exijiendo la operacion *del toque* mucha práctica, i pudiendo engañar la vista, mejor es, siempre que se trate de una exactitud rigorosa, hacer primero un ensaye sobre un decigramo (2 granos) de pasta, i hacerlo pasar a la copelacion con 10 veces su peso, es decir, con 1 gramo de plomo. El resultado de este primer ensaye multiplicado por 10, dará una lei bastante aproximada, para que se pueda, en el segundo ensaye, emplear la cantidad de plomo que esta lei exije. *Ensaye preliminar.*

Supongamos, por ejemplo, que la aleacion ensayada dió en este primer ensaye aproximativo, 90 milésimas, la lei de la aleacion seria de 900 milésimas. Buscando esta lei en la tabla de las cantidades de plomo que corresponden a cada lei de plata, se ve que lo que corresponde a 900 milésimas, son 7 partes o 7 gramos de plomo, i por consiguiente se necesita tomar para la

copelacion 1 gramo (20 granos) de plata i 7 gramos (140 granos) de plomo.

Verificada esta primera operacion, que tiene solo por objeto el determinar aproximativamente la lei i la cantidad de plomo que se va a emplear, se saca de la barra o pieza de plata que se quiere ensayar, la cantidad necesaria para hacer dos ensayes; i se achata el pedazo sobre un yunque, teniendo cuidado de despejar de la superficie del pedazo, cualquiera sustancia estraña que hubiese. Hecho esto, i ajustada bien la balanza, se pesa en ella con la mayor exactitud posible, un gramo de aleacion, cortando primero los pedacitos de ella con unas tijeras, i ajustando al fin el peso por medio de una lima: se debe evitar, en cuanto sea posible, de cortar pedacitos demasiado pequeños, que pudieran perderse o saltar, causando errores considerables.

Copelacion. Se envuelve todo en un pequeño cuadro de papel fino, teniendo cuidado de hacerle presentar la menor superficie posible, a fin de poder introducirlo sin peligro en la copela. Se calienta el horno gradualmente; i cuando se cree que tiene bastante calor, lo que sucede por lo regular al cabo de una hora, i se conoce por el color rojo blanquecino que toman las copelas puestas en la mufla, se introduce en una de ellas el plomo que se necesita para la copelacion. La copela debe estar como al tercio de la mufla, contando de la puerta por atras. El plomo no tarda en fundirse, se cubre de una película de color gris de óxido de plomo; i este se funde tambien dejando la superficie del baño brillante. Se dice entónces que el plomo está descubierto; se pone en el mismo momento el ensaye por medio de unas tenacillas; i el todo no tarda en entrar en una fusion completa. Mirando con cuidado, se comienza a apercibir en la superficie del baño unos puntitos mas luminosos que el resto, los cuales van en aumento a medida que la operacion se aproxima a su fin. Es entónces cuando la atencion del ensayador debe aumentarse, porque es mui importante que el ensaye no tenga ni demasiado calor ni demasiado frio. En el primer caso, se perderia la plata, porque una pequeña porcion pudiera volatilizarse, i otra, por causa de la gran fluidez de la materia i de la dilatacion de los poros de la copela, pudiera introducirse en este vaso: en el segundo caso, hubiera que temer que el ensaye retuviese un poco de aleacion. Aunque es imposible dar en un libro los conocimientos precisos sobre el grado de calor que conviene, i que solo la esperiencia puede enseñar, hai sin embargo señales que pueden servir de guia al ensayador, las cuales se van a describir.

Luego que el ensaye está fundido, principia a desarrollarse del baño un humo de óxido de plomo; i por el modo como este humo sale de la copela, se conoce el grado de calor de la mufla: si este humo se eleva casi perpendicularmente hácia la bóveda de la mufla i con fuerza, es prueba de que el ensaye tiene demasiado calor; i es necesario acercarlo mas a la puerta: si al contrario, este humo no tiene fuerza para levantarse, i vuelve a caer sobre el suelo de la mufla, en este caso el ensaye tiene demasiado frio;

es preciso introducirlo mas en la mufla, o bien, si esto no basta, poner en cada uno de sus costados un carbon encendido: si en fin el humo se levanta serpenteando sobre la superficie del baño, es prueba de que el ensaye se halla a una temperatura conveniente. Al cabo de algunos minutos tenemos otro medio mas seguro para juzgar del grado de temperatura que tiene la mufla, observando el c lor de la parte del fondo de la copela, que acaba de ser abandonada por el baño; si este fondo es de un rojo pardo, el ensaye tiene el calor conveniente; si es de color rojo, blanquizco, casi del mismo color que el baño, hai demasiado calor; si al contrario, es casi negro, es preciso aumentar el fuego. Yendo bien el ensaye, i estando poco mas o ménos al medio de su curso, se lo acerca un poco hácia la puerta de la mufla; i cuando esté al concluirse, lo que se reconoce por el grueso i la intensidad de los puntos luminosos, que se pasean sobre toda la superficie, i por el volúmen del ensaye, se lo coloca totalmente en la parte anterior de la mufla i sobre una capa de polvo de copelas frias, a fin de facilitar el enfriamiento de bajo en alto, lo que es necesario para impedir la *vejetacion.* Teniendo en este momento la puerta de la mufla abierta, i observando el ensaye con mucho cuidado, se ve que luego van desapareciendo aquellos *puntos luminosos*, i el boton pierde su lustre: pero al instante aparecen, i principian a serpentear en todos sentidos, en un movimiento rápido i contínuo, unos anillos matizados con todos los colores de íris: se dice entonces que el ensaye presenta *colores de íris.* Mui pronto desaparecen estos colores, i el boton vuelve por segunda vez a empañarse; en este momento es preciso aproximar la puerta de la mufla, o introducir la copela un poco mas adentro, a fin de que con el aumento de fuego, puedan separarse o introducirse con mayor facilidad en los poros de la copela, las últimas partículas de plomo i de cobre. Esto se verifica, cuando el boton, despues de haber quedado por algun tiempo empañado, se aclara de repente, con la desaparicion de una especie de nube que parecia cubrir su superficie: esta luz no dura mas que un instante, i se llama *relámpago. fulguracion* o *esplendor.* Para que el ensaye tenga buen éxito, i el boton quede *cristalizado*, es necesario que el tiempo en que aparece el relámpago, despues de la desaparicion de los *colores de íris*, sea limitado, ni demasiado largo, ni demasiado corto. Este tiempo varía segun la temperatura mas o ménos elevada del horno, i sobre todo segun la contestura mas o ménos compacta de las copelas; ha de variar tambien segun la lei del ensaye que se hace: así los ensayes de plata de 900 milésimas necesitan 30 a 35 segundos para producir relámpago, desde el momento en que desaparecen los *colores de íris*, miéntras los ensayes de 200 milésimas han de hacer relámpago en 12 a 15 segundos. En las copelas demasiado compactas el relámpago se verifica con mucha facilidad, i sobre todo, mui pronto; pero los ensayes tienen *aspecto frio;* i para obtenerlos *cristalizados* en estas copelas, es preciso concluirlos con mucho calor.

El relámpago no es el mismo para todas las leyes de la aleacion: así, la plata de lei de 900 milésimas necesita de 30 a 35 segundos desde el momento en que desaparecen los colores del íris, miéntras que los ensayes de 200 milésimas no necesitan mas que de 12 a 15 segundos.

El ensaye habiendo hecho relámpago, i la plata hallándose pronta para solidificarse, es preciso juntar la puerta de la mufla, i dejarla así uno o dos minutos, para evitar la *vejetacion*, que no dejaria de verificarse si el enfriamiento fuese rápido.

Concluido el ensaye, se lo retira gradualmente, despues de haber dejado por algun tiempo la copela puesta de canto, de modo que el ensaye mire al fondo de la mufla. Despues se despega el boton de plata, apretándolo fuertemente con las tenazas, i se lo limpia perfectamente por debajo con una *brocha* o *grata*, i se pesa: si el gramo o 1000 miligramos sometidos al ensaye, han perdido 100 miligramos, es evidente que la aleacion ensayada contiene 900 milésimas de *fino* i este número espresa la lei de la aleacion: esta lei siendo multiplicada por 12, las dos primeras cifras indican el número de dineros de la lei española; i lo que queda, siendo multiplicado por 24, las dos primeras cifras del producto darán el número de *granos*.

Pérdida i compensacion. Apesar de todas las precauciones que se toman en la copelacion, el peso del boton no da casi nunca la verdadera lei de la aleacion; porque no se puede evitar que se introduzca en la copela una cierta cantidad de plata, cantidad que varia, i es tanto mas considerable, cuanto mayor es la temperatura, mas porosa la copela, i mayor la cantidad de plomo que se emplea. Resulta de esto que los ensayadores necesitan determinar con mucha exactitud las pérdidas que esperimentan sus ensayes, i hacer una tabla de compensacion que les indique cuantas milésimas se han de añadir al peso del ensaye, para saber la verdadera lei de plata. Se han hecho estas tablas combinando a propósito en diversas proporciones la plata fina i el cobre perfectamente puro, pasando despues sucesivamente esta aleacion a la copelacion, i apuntando las pérdidas que se esperimentan.

TABLA de compensacion para los ensayes de plata en el laboratorio de los ensayes de la comision de las monedas i medallas de Paris.

Leyes exactas.	Leyes obtenidas por la copelacion.	Pérdidas o cantidades de fino, que se deben añadir a las leyes correspondientes, obtenidas por la copelacion.
1000	998.97	1,03
975	973,24	1,76
950	947,50	2,50
925	921,75	3,25
900	896,	4,
875	870,93	4,07
850	845,85	4,15
825	820,78	4,22
800	795,70	4,30
775	770,59	4,41
750	745,48	4,52
725	720,36	4,64
700	695,25	4,75
675	670,27	4,73
650	645,29	4,71
625	620,30	4,70
600	595,32	4,68
575	570,32	4,68
550	545,32	4,68
525	520,32	4,68
500	495,32	4,68
475	470,50	4,50
450	445,69	4,31
425	420,87	4,13
400	396,05	3,95
375	371.39	3,51
350	346,73	3,27
325	322,06	2,94
300	237,40	2,60
275	272,42	2,58
250	247,44	2,56
225	222,45	2,55
200	197,47	2,53
175	172,88	2,12
150	148,30	1,70
125	123,71	1,29
100	99,12	0,88
75	74,34	0,66
50	49,56	0,44
25	34,78	0,22

Calor del horno.

OBSERVACIONES.—1.ª La práctica sola puede indicar a qué temperatura debe estar el horno en el momento en que se comienza el ensaye: sin embargo es de observar que hai ventaja en tenerlo siempre mui caliente, porque es mas fácil enfriarlo en caso de necesidad, sea abriendo mas la puerta de la mufla, sea introduciendo en ella copelas frias, que hacerle tomar el grado de calor conveniente, si se principia el ensaye con una temperatura demasiado baja, puesto que una vez comenzada la operacion, la puerta de la mufla debe quedar abierta No basta que el horno esté a la temperatura necesaria, es menester todavia que esté bastante guarnecido de carbon i de carbon encendido: se añaden por esto de tiempo a otro unos gruesos carbones durante el curso de la operacion, manteniendo el horno lleno de combustible, a fin de que la temperatura de la mufla no cambie.

Secar las copelas.

2.ª Antes de introducir las copelas en la mufla, es preciso tenerlas por algun tiempo en la puerta del hornillo, a fin de secarlas bien, i calentarlas gradualmente; sin esta precaucion la mas pequeña presion de las tenazas puede romperlas. Las copelas que han quedado enrojecidas algun tiempo en la mufla, i en seguida se han enfriado, ya no pueden servir, porque calentándose de nuevo, se abren en todos sentidos.

Cuanto plomo puede absorver la copela.

3.ª Una copela puede absorver su peso de plomo: si se necesita hacerle absorver mas plomo que lo que ella pesa, se puede dar vuelta a otra copela, i colocar encima de ésta, aquella en que se hace la copelacion.

Lei del plomo.

4.ª El plomo que se emplea en la copelacion, no debe contener plata, o a lo ménos no debe tener mas de un medio miligramo de plata en 10 gramos: en caso que no se pudiese conseguir plomo sin plata, seria menester copelar una cantidad de este plomo igual a la que se ha empleado en el ensaye, i restar de la lei del ensaye la que se sacase por la copelacion del plomo.

Plomo cobrizo.

5.ª Tampoco el plomo debe contener cobre, i en caso que lo tuviese, seria preciso emplear una cantidad de este plomo, mayor que la que indica la tabla; i con esto, el ensaye quedaria mas tiempo en la mufla, i por consiguiente esperimentaria mas pérdida de plata.

En qué momento se introduce el ensaye.

6.ª Chaudet aconseja de introducir la plata al instante en que el plomo se halla bien fundido, i no ántes: porque, segun el citado ensayador, si se introdujese el ensaye en el momento en que el plomo está todavia derritiéndose, el óxido que se forma en tal caso, es tan fácil de reducirse que, puesto en contacto con el papel del ensaye, puede causar proyeccion de partículas de plata, por el ácido carbónico que se forma. Parece que el mismo óxido una vez fundido no se reduce con tanta prontitud.

Proporcion de plomo.

7.ª Cuando la cantidad de plomo que se emplea, es mayor que la que está determinada por la práctica e indicada en la tabla, el ensaye quedando en el fuego mas tiempo del que exije la lei de la aleacion, esperimenta una pérdida de plata mas considerable que la que está indicada en la tabla de compensa-

cion. Si al contrario, esta cantidad de plomo es menor que la que conviene a la lei del ensaye, la plata contendrá cobre, i la lei que se saque por el ensaye, será mayor que la verdadera.

8.ª Las copelaciones hechas con esceso de plomo, producen casi siempre *vejetacion;* los botones no tienen brillo; i en lugar de presentar una forma hemisférica son casi redondos, i adhieren mui poco a la copela; sobre todo, sino se aumenta mucho calor al fin de las operaciones. Al contrario, los ensayes que no han tenido bastante plomo, no producen *relámpago*; dan unos botones achatados, con unas manchas negras de óxido de cobre en la superficie, i adhieren fuertemente a la copela. *Exeso o falta de plomo.*

9.ª Cuando, al fin de la copelacion, por algun descuido baja de repente la temperatura, el ensaye se solidifica, i la operacion se pára: se dice entonces que el ensaye está *ahogado en el plomo*: porque efectivamente se halla cubierto por este metal en parte oxidado. Estos ensayes necesitan despues un calor mui intenso para fundirse; i nunca dan resultados exactos. *Ensaye ahogado.*

10.ª Sucede a veces que durante la copelacion algunos globulitos de plata quedan en la parte de la copela, que el baño acaba de abandonar: es menester tener cuidado de unirlos al ensaye, inclinando un poco la copela, i haciendo que toquen el baño para que los absorva. *Globulitos de plata, que quedan en los bordes de la copela.*

11.ª Se ha dicho que, para que el ensaye salga cristalizado, es preciso que el relámpago se verifique en un tiempo limitado, desde el momento en que desaparecen los colores de íris. En realidad, cuando este tiempo no ha sido demasiado largo ni demasiado corto, el boton que se obtiene, es redondo, lustroso, cristalizado por debajo, se despega fácilmente de la copela, i es blanco, granudo por debajo. *Señas de un buen ensaye.*

Cuando el relámpago aparece demasiado pronto, rara vez se obtiene un boton redondo; se ven en su superficie partes lustrosas, i otras como empañadas, blancas; adhiere comunmente un poco ménos a la copela, i a veces tiene pequeños agujeros por debajo, lo que prueba que no ha tenido bastante calor al concluirse.

Cuando al contrario el relámpago tarda demasiado en aparecer i el ensaye queda fundido apesar de que se haya abierto la puerta, el boton que se obtiene entónces es de un blanco oscuro, tiene manchas negras de óxido de cobre en su superficie i depresiones, adhiere fuertemente a la copela, es negro por debajo, i muchas veces vejeta.

12.ª Se puede abreviar el tiempo en que se ha de producir el relámpago, abriendo de repente la puerta, o golpeando lijeramente sobre la tablilla del hornillo; i tambien se puede prolongar este tiempo, cuando se ve que el relámpago está al producirse demasiado pronto (lo que se reconoce por el poco movimiento con que el boton está ajitado), aproximando un poco la puerta a la mufla. En todo caso el ensayador debe procurar obtener ensayes *cristalizados:* porque es probable que la plata, *El tiempo del relámpago.*

como el oro no tiene la propiedad de cristalizarse, sino cuando está perfectamente pura.

Vejetacion. 13.ª Cuando el ensaye se concluye demasiado caliente, o cuando se enfria rápidamente, sale de su superficie con diferentes formas, i las mas veces en agujitas, una cierta cantidad de plata, la cual en este momento salta a veces fuera de la copela, i se pierde. Este fenómeno se llama *vejetacion*, i no se debe tener mucha confianza en los resultados del ensaye que presenta este fenómeno, ménos cuando ha habido poca vejetacion i solo en la parte inferior del boton de plata cerca de la concavidad de la copela, i cuando se ven en la misma superficie de la copela las partículas de plata, que se arrojaron en este caso. Segun Lúcas, este fenómeno se debe al dearrollo repentino de una cierta cantidad de oxíjeno, que retiene siempre la plata fundida; i por esto, se evita muchas veces la vejetacion, cubriendo la copela inmediatamente despues del *relámpago*, con un pedazo de carbon encendido, el cual absorve el oxíjeno.

Necesidad de repetir los ensayes. 14.ª Habiendo, por lo que se ha dicho, tantas causas de errores en la copelacion, i siendo esta operacion lejos de ser matemáticamente exacta, es de toda necesidad hacer siempre dobles ensayes, es decir tomar dos gramos de plata, uno para cada ensaye, i pasarlos a la copelacion en dos copelas al mismo tiempo. Si no hai tiempo para hacer copelacion doble de cada ensaye, a lo ménos es indispensable repetir las que presentan alguna duda; i en esto, la *vejetacion*, sobre todo, es lo que ha de determinar al ensayador a hacer de nuevo su ensaye. En ningun caso se debe contar con los ensayes de una misma aleacion, que dan resultados mui diferentes entre sí.

Plata ligada con platina. 15.ª Segun Vauquelin, una cantidad mui corta de platina hace cristalizar la plata, propiedad que en rigor bastaria para hacer sospechar la presencia de platina; pero hai otra seña mas cierta, que no deja duda alguna en esta parte, i es la disolucion del boton en el ácido nítrico. En efecto, cualquiera que sea la cantidad que haya de este metal, en la plata, el ácido toma un color oscuro, i deja despues de la disolucion un precipitado de polvo negro, causado por una porcion mui sútil de platina.

Plata con paladio. 16.ª Segun Chaudet, la plata de lei de 900 millésimas puede contener hasta 10 milésimas de paladio, sin que los caractéres que se observan en la copelacion, puedan dar a conocer la presencia de este ultimo metal: pero el mejor modo de conocerlo, consiste en disolver el boton en el ácido nítrico de 22°; porque aun cuando no hubiese mas que 1 milésima de paladio en la plata, la disolucion tomaria un color amarillento, quedando siempre mui clara.

Copelacion mediante el bismuto. 17.ª Se ha dicho que se podia en lugar del plomo emplear el bismuto para la copelacion de las aleaciones de plata: pero mui rara vez se pone en práctica este método, por causa de que siendo mui volátil el bismuto, el baño metálico hierve, i las mas veces saltan gotillas de plata que se pierden. A mas de esto, siendo las aleaciones de bismuto mas fusibles que las de plomo,

i adquiriendo mayor fluidez aquellas, se introducen con mayor facilidad en los poros de las copelas, arrastrando consigo una cierta cantidad de plata. Se advierte tambien que el bismuto, que se halla comunmente en el comercio, no sirve para la copelacion, porque tiene sustancias mui volátiles, como arsénico, azufre, etc., que pueden causar proyecciones i pérdidas de la plata.

COPELACION DE ALGUNOS MINERALES.

Súlfuros de plata.—Se puede copelar inmediatamente el súlfuro de plata sin añadir plomo, haciendo uso de unas copelas, que se hacen a propósito con ladrillos molidos i vidrio; pero es mejor ejecutar la copelacion en una copela ordinaria, añadiendo plomo.

Galena.—Se puede ensayar la galena que contiene plata, sometiendo el mineral a una copelacion inmediata, aun cuando el mineral contiene 2 o 3 por ciento de pirita, de blenda o de cuarzo. Esta operacion se pudiera efectuar aun sin añadir plomo; pero en este caso, es de temer que el sulfato de plomo que se forme, cubra el baño, impida la oxidacion, o adhiera al boton de plata. Por esto, mejor es añadir tres i media a cuatro partes de plomo, comprendido en éste el peso de la hoja de plomo, en la que se debe envolver el mineral que se ensaya. Para evitar cualquiera pérdida que pudiese resultar de la propiedad que tiene la galena de chisporrotear en el fuego, es preciso reducirla a polvo mui fino, molerla en un mortero de ágata. Se toma 1 o 2 granos de este polvo, se le envuelve en una hoja de plomo, se introduce todo en una copela bien caliente i se cierra la mufla: al instante el mineral empieza a bajar, se funde, i el sub-súlfuro que se forma, sobrenada en la superficie del plomo. Cuando toda la masa ha adquirido la temperatura de la copela, se abre la mufla, i se da aire, pero graduando la corriente, para que de esta suerte no sea demasiado viva la combustion; porque en este caso habria pérdida de algunas partículas de mineral que saltarian del baño. Se ve entónces mucho humo, i queda por algun tiempo la superficie del baño como cubierta de una costra espesa, sólida, convexa, la cual poco a poco va bajando i adelgazándose. Cuando el humo empieza a disminuir, i se aclara, entónces se puede aumentar la temperatura, i se ha de calentar mucho mas que en la copelacion ordinaria, a fin de que el litarjirio que se forma, haga fundir, i arrastre en la copela la mayor parte del sulfato de plomo que se habia formado al principio de la operacion. El plomo se descubre mas i mas, al fin adquiere una superficie limpia i brillante: desde entónces la copelacion se efectúa como la del plomo puro i no ofrece nada de particular.

Adicion de plomo.

Operacion:

De todos los métodos que se emplean para el ensaye de las galenas por plata, la copelacion directa es la que da la mayor pro-

Ventajas de este método.

porcion o mayor lei de plata: es tambien el método que exije ménos tiempo i trabajo.

Así, por ejemplo, en una serie de ensayes citados por Durocher i Malagutti:

Dos gramos de galena de Sala copelados con 12 gramos de plomo perfectamente puro, dieron 0,0170 de plata, lo que corresponde a una lei de 0,0085 en plata.

Dos gramos de la misma galena fundidos con 3 gramos de flujo negro, 0,20 de limaduras de hierro i 10 gramos de carbonato de sosa, produjeron en la copelacion 0 gramo 0155 de plata.

En fin, 2 gramos de esta misma galena fundidos con un gramo de salitre, 15 gramos de litarjirio i 10 gramos de carbonato de sosa dieron en la copelacion de 3,70 de plomo que provino de esta fundicion, 0,0157 de plata, lo que corresponde en este caso a una lei de 0,0078, i en el anterior a 0,0077.

Mineral de súlfuro de cobre.—Se puede copelar el súlfuro de cobre directamente, añadiendo solo 12 partes de plomo. La operacion se efectúa mui pronto; se forman desde luego unas escorias en la superficie; pero dando calor, las mas veces estas escorias desaparecen. Ahora, empleando en lugar de 12 partes, 14 a 15 partes de plomo, la copelacion marcha con la mayor facilidad, i no queda ningun indicio de escorias en la copela. En todo caso, la copela se pone negra, pero no se raja.

La copelacion directa de cobre sulfúreo puro o casi puro hecha sobre un gramo de mineral, i con adicion de 12 a 15 gramos de plomo, da mejor resultado que el ensaye hecho sobre 5 gramos del mismo mineral, fundiéndolo con litarjirio i salitre.

Plata gris, cobre gris.—Entre los minerales que se conocen bajo los nombres de *plata gris* i de *cobre gris*, hai algunos que se pueden copelar directamente: pero, como sucede que las copelas se rajen por el antimonio que se halla las mas veces en estos minerales, es mejor principiar por una escorificacion, añadiendo 4 a 6 partes de plomo.

Cloruro de plata.—El cloruro de plata pasa mui fácilmente a la copelacion; pero no se puede evitar que una parte del mineral se infiltre en la copela, ántes que se reduzca por el plomo, i que otra pequeña cantidad del mismo cloruro se volatilice: un gramo de cloruro perfectamente seco i envuelto en una hoja de plomo de 10 gramos de peso, pasa a la copelacion, dejando en los poros de la copela 0,22, es decir cerca de la cuarta parte de la plata que contiene. Para que el cloruro de plata se reduzca por el plomo, es menester que las dos materias esten íntimamente mezcladas, ántes que se sometan a la accion del calor: así, si se funden en un crisol 3 gramos de cloruro, mezclados con 10 gramos de granalla de plomo, envueltos en 8 gramos de hoja de plomo, se obtiene un boton de plomo, que a la copelacion da 2 gramos 259 de plata; i por consiguiente no se pierde mas que 0,009, es decir, menos que 0,004 de plata. Sin embargo, es mejor sustituir en este caso al plomo, una mezcla de litarjirio i galena o una mezcla de litarjirio i carbon, porque de este modo se

mezclan mejor sus sustancias, i se evita la volatilizacion del cloruro.

§ IIII.—ENSAYES DE LAS ALEACIONES DE COBRE I DE PLATA POR LA VIA HÚMEDA.

El modo de ensayar las aleaciones de cobre i de plata por *la via húmeda*, inventando por Gay-Lussac, tiene la ventaja de dar resultados de una exactitud casi matemática, i de ser, al mismo tiempo, casi tan espeditivo como la copelacion: por esto, es el único método adoptado en los laboratorios de garantía i de la moneda en Francia. *Ventajas.*

Este método consiste en determinar la lei de las materias que contienen plata, por la cantidad de una disolucion de sal marina, necesaria para precipitar exactamente la plata, contenida en un peso determinado de aleacion. El método se funda en la operacion siguiente: se disuelve la aleacion en el ácido nítrico, i despues se añade una disolucion de sal marina, cuya densidad o el grado de saturacion está conocido: por esta sal se precipita inmediatamente la plata al estado de cloruro, el cual no es soluble en el agua ni en el ácido nítrico. Precipitada de este modo, la cantidad de plata no se determina por el peso del cloruro, porque el método seria demasiado largo i de poca seguridad, sino por el peso o mejor decir, por el volúmen de aquella disolucion, que se necesita para precipitar exactamente la plata disuelta en el ácido nítrico. Se reconoce que toda la plata se ha precipitado, cuando el licor no se enturbia, ni produce el menor indicio de precipitado al añadir una nueva gota de disolucion de sal marina: un miligramo de plata se hace mui sensible en un peso de licor de 100 gramos: se puede tambien distinguir la presencia de 1|2 miligramo, aun de 1|4 de miligramo en la misma cantidad de licor, con tal que, ántes de añadir una nueva cantidad de sal, se deje bien sentarse el precipitado, para que el licor quede perfectamente claro. Ajitado vivamente por uno o dos minutos el licor que se habia enturbiado con la sal, i despues dejándolo por algun instante en reposo, la disolucion se vuelve bastante clara, para que, si hai exceso de sal se pueda distinguir un precipitado visible por la adicion de un miligramo de plata. *¿En qué consiste el procedimiento.*

Suponiendo que el ensaye se haga sobre un gramo de plata pura, la disolucion de sal marina debe ser tal, que se necesiten 100 gramos de ella en peso, o bien 100 centímetros, cúbicos (1 décilitro) en volúmen, para precipitar toda la plata. Esta cantidad de disolucion se divide en 1000 partes, que se llaman *milésimas*. La lei de una aleacion se da por el número de milésimas de esta disolucion de sal marina, necesarias para precipitar toda la plata contenida en un gramo de aleacion. La disolucion que tiene este grado de saturacion, se llama *disolucion normal.* *Disolucion normal.*

Preparacion de la disolucion normal.—La esperiencia indica que se necesitan 100 partes de sal marina para precipitar de sus disoluciones 184,25 partes de plata: luego un gramo de pla-

ta perfectamente puro necesitará 542,74 milígramos de sal marina *seca* i *fundida*. Si, ahora, esta cantidad de sal debe hallarse en cada decílitro de disolucion normal, 100 litros de esta disolucion tendrán que contener 542 gramos 740 milígramos de sal *seca* i *fundida*.

Prepárase esta cantidad de disolucion del modo siguiente: Se vierte sobre una cantidad indeterminada de sal comun agua, en cantidad que no sea suficiente para disolver toda la sal, i se deja por 24 horas esta agua con sal, ajitándolo todo de tiempo en tiempo. Se filtra, en seguida, el licor claro, i se guarda en un vaso bien tapado con tapa esmerilada. De este licor se toman 100 gramos, pesados en una buena balanza, i habiéndolo evaporado en una cápsula de porcelana o de platina se pesa el resíduo. Supóngase que este último pese 24 gramos; entónces para saber cuanto de este licor hemos de emplear para 100 litros de disolucion *normal* haremos la proporcion siguiente:

24 : 100 :: 542,74 : x=2k.26gr.4

Tendremos pues que mezclar 2 quilógramos 261.4 gramos de esta disolucion saturada con 100 litros de agua ordinaria, para preparar un licor tal que cada 100 gramos de este licor precipitarán un gramo de plata pura. La mezcla se hace en una tina cuya descripcion se dará luego i se ajita con un ajitador a propósito. Luego se procede al ensaye de este licor, tomando un gramo de plata pura i disolviéndolo en 10 gramos de ácido nítrico de 22 grados. A esta disolucion de plata se agrega una pipeta que mide 100 gramos de disolucion normal recien hecha i se reconoce si todo este gramo de plata se ha convertido en cloruro sin dejar ningun exceso de sal o de plata en el licor. Procédese en tal caso del mismo modo que se describirá mas adelante para para hacer los ensayes de las aleaciones.

Supóngase que, preparado de este modo el licor, es decir, el que proviene de la mezcla de los 2 quilógramos 261,4 gramos de disolucion saturada de sal comun, con los 100 litros de agua, se halla *demasiado débil*, faltándole 5 milésimas: quiero decir, que cada decílitro o 100 gramos de ella precipita solo 995 milígramos de plata; en tal caso, para saber cuánta disolucion saturada de sal hemos de agregar al licor preparado, haremos la proporcion siguiente:

Gr. Pl.		q. Disol		Gr. Pl.		Gr. Disol.
995	:	2.264	: :	5	:	x=11.36

Tendremos pues que agregar 11 gramos 36 centigramos de disolucion de sal i volveremos a ensayar de nuevo el licor.

Si este licor, en lugar de hallarse *débil* de 5 milésimas, se hallase demasiado *fuerte* de la misma cantidad, tendríamos que

agregar agua, i para saber cuanta necesitaríamos añadir, haríamos la proporcion siguiente:

Gr. Pl		Litr. Agua		Gr. Pl.		Gr. Agua.
1005	:	100	::	5	:	x=407.51

Es decir, que tendríamos que agregar 497 gramos 51 centígramos de agua.

Considérase como bien preparado el licor cuando no presenta mas que ½ milésima de diferencia en mas o en ménos.

Disolucion décupla.

Modo de preparar la disolucion décupla.—Esta disolucion se destina para terminar el ensaye i se vierte por cantidades que representan, cada una, una milésima de plata. Se usa este licor cuando se ha tomado para el ensaye un peso de aleacion mayor que lo que corresponde a la lei aproximada de ella. Veremos luego que hai mayor ventaja en terminar el ensaye, añadiendo mas i mas de disolucion de plata en los casos en que la sal se hallase en exceso. Para preparar la disolucion décupla se pesa con toda exactitud posible 100 gramos de disolucion normal i 900 de agua: hecha la mezcla se guarda en un frasco bien tapado. 100 gramos de disolucion normal representan 1000 milésimas de plata; 100 gramos de disolucion décupla representan 100 milésimas de metal: luego un gramo de esta última corresponde a un milésimo de plata.

Cuando tenemos la disolucion normal hecha, nada mas fácil que con ella preparar la décupla. Pero cuando se prepara por la primera vez la disolucion normal i todavia nó se ha rectificado este licor, se prepara la disolucion décupla que se necesita para esta misma rectificacion, pesando en una buena balanza con mucha prolijidad un quilógramo de agua destilada i disolviendo en ella 542 miligramos con ¼ de milígramos de sal *seca* i *fundida*. Se prepara esta última combinando directamente sosa pura con ácido clorhídrico puro, evaporando este licor i fundiendo el resíduo en un pequeño crisol de platina.

Disolucion de nitrato de plata

Preparacion de la disolucion de nitrato de plata.—Cuando la aleacion que se ensaya no tiene precisamente la lei que se ha supuesto en ella, resultará que en el licor en que hemos precipitado la plata mediante la disolucion normal, quedará un pequeño exceso de ésta. Para determinar la cantidad que excede, se emplea una disolucion de nitrato de plata por cantidades tales que cada una represente una milésima de plata. Esta disolucion se prepara disolviendo un gramo de plata perfectamente pura en la cantidad mas pequeña posible de ácido nítrico i añadiendo a esto tanta agua destilada que el todo pese exactamente un quilógramo. Cada gramo de este licor representará una milésima de plata, i se destruirá por un gramo de disolucion décupla.

El aparato i los útiles.

Descripcion del aparato i de los útiles.—El aparato principal consta de esta misma tina cilíndrica de cobre que mide un poco mas de 100 litros, en la cual se guarda la disolucion normal. Es-

ta tina se coloca a unos seis piés sobre el piso i de su fondo parte un tubo horizontal de cobre que lleva una llave. Úncse este tubo con un otro igual, encorvado que baja verticalmente i tiene como un pié de lonjitud; en su estremidad se ajusta una pieza cilíndrica de plata provista de dos llaves i unida con una pipeta de vidrio que mide exactamente, desde su estremidad inferior hasta una raya marcada en la parte de arriba, 100 gramos de licor normal. De las dos llaves que lleva dicha pieza de plata, la una, superior, sirve para dar paso al líquido que viene de la tina; i la otra inferior, para detener a voluntad este líquido en la pipeta, o dejar que baje mui lentamente, permitiendo que entre de afuera en esta pipeta, con mucha lentitud el aire: de manera que, abriendo esta llave i cerrando la primera, baja mui despacio el licor por el tubo de la pipeta i se observa el momento en que su nivel llega a la mencionada raya. Se mantiene esta pipeta, por medio de un sujetador de madera clavado en la muralla, en una situacion vertical i se la preserva de todo movimiento.

2. Debajo de la pipeta está colocada una pequeña mesa sobre la cual resbala una carretilla de hoja de lata, barnizada, que sirve para colocar en un instante, debajo de la estremidad inferior de la pipeta, el gollete del frasco en que se hace el ensaye. Esta carretilla tiene 8 ½ pulgadas de largo sobre 4 de ancho, i sobre su fondo quedan soldados: 1.° un pequeño vaso cilíndrico, en que se coloca el frasco del ensaye; 2.° una cubeta ovalada destinada a recibir el licor que se derrama durante las manipulaciones; i 3.° en fin, una especie de embudo en cuya estremidad vuelta arriba, i a la altura de la estremidad inferior de la pipeta, se halla una esponja destinada a recibir la última gota del licor, como lo haremos notar al describir el procedimiento. Esta carretilla debe tener una marcha fácil i arreglada entre dos reglas de madera que le sujetan.

3. A mas de este aparato se necesitan tres pipetas de vidrio, graduadas de modo que segun la necesidad se pueden agregar al ensaye 1 o 2 milésimas de disolucion décupla o de la de nitrato de plata.

4. Un ajitador redondo de hoja de lata barnizada, que pueda recibir diez frascos en los lugares cuyos números corresponden a los de los frascos. Este ajitador está colgado, por su parte superior, de un resorte clavado en la muralla, i en su parte inferior, tiene un otro resorte arrollado en forma de espiral, por medio del cual, tirándolo por abajo, se dá al ajitador un movimiento mui fácil i suave.

5. Un *baño maria* de cobre estañado para doce frascos de ensaye, etc.

¿Cuanta aleacion se toma para cada ensaye?—El volumen de la disolucion normal que se toma para cada ensaye, es decir, el que cabe en la pipeta hasta la raya, siendo siempre el mismo, no se puede tomar un peso constante de aleacion para los ensayes de diferentes aleaciones; sino que este peso debe variar segun

la lei que se supone, i este peso debe ser tal que corresponda a un gramo de plata fina.

Para no emplear la disolucion de nitrato de plata que produce comunmente licores difíciles de aclararse, se prefiere aun tomar un peso de algunas milésimas menor que el que se supone en la aleacion: i el cálculo es fácil de ejecutar. Siendo por ejemplo la *lei* prescrita para la moneda de Francia, o la moneda actual de Chile, 900 milésimas de *fino* con tres milésimas de tolerancia en mas i otro tanto en ménos, es claro que en 1000 partes de moneda puede haber solamente 897 milésimas de fino. Por consiguiente se hará el cálculo, suponiendo en la moneda que se ensaye el *mínimum* de la lei, i diremos: si para tener 897 milésimas de fino, se necesitan 1000 de aleacion ¿cuánto de esta misma aleacion se debe tomar para el ensaye, para que dé 1000 milésimas de fino? El cuarto término es 1114.82 i se pesarán 1115 miligramos de aleacion para el ensaye. Ahora, siendo la lei de la antigua moneda de Chile 902, diremos

$$902 : 1000 : : x = 1108.6$$

i se tomará para los ensayes de la antigua moneda de Chile 1109 miligramos. En cuanto a las obras de los plateros que se permite hacer en Francia solo de dos especies, una de 956 i otra de 800, con una tolerancia de 5 milésimas, se tomarán para los ensayes 1058 miligramos de una i 1257 miligramos de la otra.

Descripcion del procedimiento.—Supóngase que se trata de ensayar un peso fuerte de Chile de este año; tomarémos unos 1115 milígramos de este peso i los introduciremos en el frasco que lleva su número. Se vierte, en seguida, por medio de una pipeta de capacidad conocida, 5 a 6 gramos de ácido nítrico de 32°, i se pone el frasco en el baño maria que se coloca sobre un hornillo bien encendido. Tan pronto como el metal se haya disuelto, se saca el frasco, se le deja por un momento que se enfrie i se espele de su interior el vapor amarillo nitroso, por medio de un pequeño fuelle a cuya estremidad se adapta un tubo de vidrio encorvado que se introduce dentro del frasco i se sopla lijeramente. Colócase luego el frasco en la mencionada carretilla; i puesto el índice de la mano izquierda en la estremidad inferior de la pipeta, se abre, primero la llave inferior que dá el paso al aire, i en seguida la otra de mas arriba por la cual viene la disolucion normal de la tina. Con esto, se llena mui pronto la pipeta i cuando se ve que el licor ya se halla un poco encima de la raya, se cierra la llave inferior i se quita el dedo. Entónces se hace pasar la carretilla de la derecha a la izquierda hasta que la estremidad de la esponja toque la estremidad inferior de la pipeta. Mediante esta precaucion se quita a la pipeta la gota de líquido que está al caer i la cual no debe entrar en el ensaye. En este momento se destapa el frasco del ensaye, i se da paso al aire por la llave inferior; siendo el conducto por donde entra el aire en esta llave mui estrecho, baja el licor mui lentamente i se es- *Operacion.*

pera el momento en que el nivel de este licor llegue a la raya marcada en el tubo de la pipeta. En este mismo instante con un empujon lijero que se da a la carretilla, se la pasa mas a la derecha, de manera que, cuando esta carretilla topa contra un sujetador que no le permite seguir su camino, ya el gollete del frasco está precisamente debajo de la estremidad inferior de la pipeta. Abrese entonces totalmente la llave inferior por donde entraba el aire i se deja caer la disolucion normal en el ensaye, sin que se separe la última gota, la cual por lo comun no se separa sino mucho despues de haberse vaciado el frasco. Se vuelve a tapar el frasco i se le lleva al ajitador que se pone en movimiento por uno o dos minutos. Al cabo de un minuto i medio, el precipitado de cloruro de plata ya está por lo comun reunido i el licor claro. Sacamos el frasco, lo destapamos, i en el licor mismo se vierte por medio de una de las pequeñas pipetas de que se hizo mencion al describir el aparato, un gramo de disolucion décupla, indicado por una raya grabada en esta pipeta. Este gramo representa como ya queda dicho, una milésima de plata, i si se enturbia el licor, se vuelve a tapar el frasco i a ponerlo en el ajitador. Repetido el movimiento, se le agrega al ensaye un segundo gramo de disolucion décupla i se continuará repitiendo la misma operacion, hasta que al agregar un gramo de licor décuplo no se perciba ningun efecto en el ensaye.

Supongamos que se agregaron 4 gramos de dicho licor para llegar a este resultado; es claro que no entrará en el cálculo la última milésima de licor que no ha producido ningun efecto i es de suponer que de la tercera o la penúltima, la mitad solo se invirtió en la precipitacion del pequeño exceso de plata que quedaba i no la totalidad; tendremos por consiguiente solo dos miliésimas i media que agregar a la totalidad de licor normal que hasta la *raya* cabia en la pipeta grande i cuya cantidad representa 1,000 milésimas de plata. En otras palabras, precipitamos de nuestro ensaye, por medio de las dos disoluciones normal i décupla, 1002.50 miligramos de plata fina; i como esta plata proviene de 1115 miligramos de aleacion, diremos: si en 1115 partes de aleacion hai 1002.50 partes de plata, en 1000 de aleacion ha de haber

$$x = \frac{1002.50}{1115} 1000 = 899.1$$

Es decir, la lei de la aleacion que ensayamos es de 899.10 milésimas

Ahora, si el primer gramo de disolucion décupla que añadimos al ensaye no causa ningun efecto, es decir, no enturvia el licor, prueba que la lei de aleacion es inferior a 896,86 milésimas. En este caso emplearemos la disolucion décupla de nitrato de plata, de la cual añadiremos primero 1 gramo para destruir el gramo de disolusion décupla de sal comun que se habia

empleado. Se pondrá el frasco en el ajitador i se lo moverá para que se aclare el licor, i en seguida se agregará una por una las milésimas de disolucion décupla de plata, para saber cuantas milésimas de *fino* faltaban a la lei 896.86. Supóngase que, en todo, 5 gramos de disolucion décupla de nitrato de plata hemos agregado, i solo el último queda sin producir efecto. Es natural que de estos 5 gramos tendremos que quitar el primero, el último i la mitad del penúltimo i nos faltarán todavia 2½ milésimas a la cantidad de plata que hemos supuesto en la aleacion, i en tal caso, para hallar la verdadera lei de ella, formaremos esta proporcion.

$$1115 : 997.5 :: 1000 : x.$$

Es natural que cuando la lei de la alecion se diferencia mucho de la que hemos supuesto se prolongará la operacion de manera que el ensayador no tendria tiempo ni paciencia para continuarla añadiendo milésima por milésima de disolucion décupla i ajitar a cada adicion el ensaye: por esto es que este método sirve mas bien para verificar la exactitud de un ensayo aproximado o de una lei supuesta, que para ensayar alguna aleacion de lei enteramente desconocida.

Suelen tambien abreviar mucho la operacion los ensayadores espertos, juzgando, por la intensidad del precipitado, que al agregar el primer gramo de disolucion décupla se forma en el licor, si ántes de ajitarlo se puede desde luego añadir uno o dos gramos mas, evitando de este modo pérdidas de tiempo que se necesita para aclarar los licores.

Correcciones relativas a la temperatura.

Como el grado de saturacion de una disolucion de sal pende de la temperatura, resulta que en la misma medida de disolucion no siempre hai la misma cantidad de sal: i por consiguiente, variando la temperatura, se ha de hacer una correccion en la lei que se obtiene directamente: Gay-Lussac ha tratado de hacer para esto una tabla de correcciones aplicables a todos los grados de temperatura; pero comunmente no se hace uso de esta tabla, i se prefiere en el laboratorio de la moneda de Paris, hacer todos los dias por la mañana (ántes de principiar las operaciones) un ensaye sobre un gramo de plata fina por medio de las disoluciones décimas, sea de sal marina, sea de nitrato de plata. De este modo se sabe cuántos miligramos de plata fina se precipitan por la disolucion normal; i por el resultado que se obtiene, se conoce la correccion que se ha de hacer en todos los ensayes que se practiquen en el mismo dia.

La práctica ha probado que la presencia de una pequeña cantidad de metales estraños en una alcacion, no influye sobre la proporcion de sal marina, que se necesita para precipitar la plata. Pero, parece que este método no se pudiera aplicar a las aleaciones de plata, que contuviesen una proporcion considerable de cualquier metal, escepto el cobre. Así, D'Arcet ha reconocido que no se pudiera de este modo determinar la lei exac-

ta de unas aleaciones de plomo i de plata: esto proviene de que los cloruros solubles ejercen en jeneral una accion notable sobre la solubilidad del cloruro de plata. Tampoco no se pudiera obtener resultados exactos con aleaciones que contienen un poco de mercurio; porque, siendo poco soluble el cloruro de este metal, se precipitaria con el de plata; i esto se conoceria por la propiedad que tendria en este caso el precipitado, de no ennegrecerse con la luz.

§ V.—Ensayes de plata por la via húmeda, mediante el ioduro de almidon.

En los *Anales de minas* de 1856 (tom. X, páj. 83), Pisani propone emplear para los enayes de plata por la via húmeda, ioduro de plata soluble, preparado por el método del doctor Quesneville. Este procedimiento está fundado en la propiedad que tiene el ioduro de almidon de perder inmediatamente su color, cuando se vierte en una disolucion de azotato de plata. La cantidad de ioduro de almidon, descolorido por un volúmen dado de disolucion de plata, es siempre proporcional a la cantidad de plata contenida en este volúmen: por consiguiente, para determinar la cantidad de plata en un licor que se quiera ensayar, bastará introducir en él por pequeñas cantidades, una disolucion *normal* de ioduro de almidon, hasta que un lijero exceso de este reactivo produzca una débil coloracion sensible.

Hé aquí de qué modo Pisani determina rápidamente la proporcion de iodo en el ioduro de almidon:—disuelve un gramo de ioduro en agua fria i añade, con una bureta dividida en centímetros cúbicos i décimos de centímetros, una disolucion *titulada* de azotato de plata, que contiene 0g,005 de plata por cada centímetro cúbico. Se vierte esta disolucion hasta que el licor pierde enteramente su color azul, i por la cantidad de plata que se emplea para producir este efecto, se sabe cuanto iodo hai en el ioduro de almidon. Supóngase que contiene 4 por 100 de iodo; en tal caso 5 gramos de ioduro disueltos en un litro de agua contendrán 0g,200 de iodo que corresponden a 0g,171 de plata i cada centímetro cúbico de este licor corresponde a 0g,000171 de plata.

Obtenida de este modo aproximativamente la *lei* de la disolucion normal se la determina Pisani con exactitud del modo siguiente: introduce en una copa uno o dos centímetros cúbicos de disolucion de azotato de plata, que contiene 0g,005 de plata en cada centímetro cúbico, i agrega a esta disolucion un poco de carbonato de cal, para tenerla siempre neutra. Vierte en seguida, con una bureta graduada en mitades de centímetros cúbicos, licor de ioduro de almidon, ajitando el todo continuamente. Al principio pierde el ioduro su color rápidamente i el licor toma un color amarillo claro por el ioduro de plata que se forma; pero al fin de la operacion cambia de repente su color i tira algo a parduzco. Párase la operacion miéntras todavia per-

sisten restos de un matiz azulejo verdoso; i para apreciar mejor el momento en que precisamente desaparece el color, se aconseja poner, al lado de la copa en que se hace el ensaye, otra en que se vierte ioduro de almidon con un exceso de azotato de plata. Esta segunda copa servirá para comparar su color con el del ensaye i se ve cuántas divisiones de ioduro de almidon se han empleado para producir esta coloracion débil Repítese la misma operacion cinco o seis veces hasta que se obtengan los resultados exactamente iguales.

Supóngase que el término medio de estas esperiencias da 56 centímetros cúbicos por cada 0g,010 de plata, un licor en que tuviéramos 0g,005 de plata exijiria 28 centímetros cúbicos i un otro que tuviera 0g,001 necesitaria solamente 5,6. Un error de una mitad de centímetro que se emplease de mas, correspondiendo a 0g,00017 de plata seria insignificante.

Añádase carbonato de cal, para saturar el ácido nítrico libre, el cual obraria siempre un poco sobre el ioduro de almidon, i tambien para apreciar mejor el cambio del color de la disolucion al fin de la operacion; pues mediante el carbonato de cal, se hace mas sensible la coloracion del mas pequeño exceso de ioduro de almidon.

Para analizar por este método una aleacion de plata i cobre Pisani toma 0g.500 de ella i la disuelve en el ácido nítrico puro; en seguida añade agua en cantidad suficiente para tener 100 centímetros cúbicos de licor i toma solamente 5 centímetros cúbicos de este licor, que introduce en una copa i lo satura con carbonato de cal. Vierte luego ioduro de almidon i repite del mismo modo el ensaye una decena de veces para obtener la lei de la aleacion, con dos milésimas mas o ménos.

Si se quisiera operar sobre mas que 6 centimetros cúbicos seria necesario emplear una cantidad de ioduro de almidon mui considerable. En tal caso prefiere el autor obtener, primero, una lei aproximada operando sobre 2 centímetros cúbicos, i en seguida, toma 50 centímetros cúbicos del mismo licor, precipita cantidad conocida de plata por una disolucion normal de cloruro de sodio, filtra el licor, i acaba el ensaye por medio del licor normal de ioduro de almidon.

El mismo arbitrio propone siempre que la cantidad de plata que se quiere apreciar pase de 0g,020. Pero otra dificultad mas grave se presenta, cuando tenemos que determinar proporcion de plata mui pequeña en presencia de una cantidad de cobre mui grande, pues entónces el color de la disolucion debido al cobre no permitiria que se apreciase bien el cambio del color debido al ioduro de almidon.

Libre de este último inconveniente, seria un ensaye cualquiera de minerales de plomo o de aleaciones de plomo platoso solamente: para esta clase de ensayes Pisani aconseja preparar un licor normal mas débil i tomar otras precauciones para cuyos detalles se puede consultar la memoria de Pisani en los citados *Anales de minas.*

A pesar de que, segun lo que se acaba de esponer, este método parece ofrecer dificultades e inconvenientes que no presenta el método de Gay-Lussac, i es mas bien un procedimiento analítico, que operacion aplicable al *arte de* ensayador; creo sin embargo que por la prontitud con que se procede, puede el método de Pisani servir para ensayes preliminares por la via húmeda, siempre que el ensayador quisiera emplear el de Gay-Lussac para ensayes definitivos de cualesquiera minerales i pastas de plata.

CAPÍTULO IX.

Oro.

SECCION PRIMERA.

Propiedades mas importantes del oro.

Este *metal* es el mas maleable i mas dúctil de todos los metales: es mas blando que la plata i ménos tenaz que el hierro, el cobre, la platina i la plata. Su peso específico segun Berzelius es 19.40 a 19 65. Se funde a 32°, es decir, es ménos fusible que el cobre, i casi fijo en la mas alta temperatura de los hornos. No se oxida a ninguna temperatura ni descompone el agua. El ácido nítrico puro no lo ataca si su grado de concentracion es inferior a 32°; el que marca el areómetro 32 a 35° ejerce apénas cierta accion sobre el metal, pero el mismo ácido de 35 a 40° ataca notablemente el oro a la temperatura de ebullicion. Es tambien algo atacable el oro por el ácido nitroso, i completamente inatacable por los ácidos sulfúrico i clorhídrico. Se disuelve con la mayor facilidad en una mezcla de ácido nítrico i ácido clorhídrico, bromhídrico o iodhídrico. Disuélvese tambien en una mezcla de ácido clorhídrico i crómico o en cualquiera otra mezcla de la cual puede resultar cloro. Para disolver el oro se suele tomar en las artes cuatro partes de ácido nítrico i una parte de sal amoniaco: puede tambien emplearse en lugar de esta sal algun cloruro alcalino, o bien en lugar de estas mezclas hacer una de ácido muriático i de algun nitrato. El oro no es atacable por las disoluciones alcalinas; pero por la via seca, los alcalis cáusticos i los carbonatos alcalinos obran sobre el oro en contacto con el aire i lo oxidan parcialmente; el mismo metal se oxida mas fácilmente a la temperatura elevada en contacto del aire en presencia de los boratos i de los silicatos. El oro no es atacable por el salitre; no se combina directamente con el azufre, pero se trasforma fácilmente tanto por la via seca como por la via húmeda en sulfuro por los súlfuros alcalinos, soluble en las disoluciones de estos últimos. El fósforo i el arsénico se combinan directamente con el oro mediante el calor: tambien es atacable este metal por el cloro gaseoso mediante el calor o bien

por el cloro en disolucion. Es un metal electro negativo i su equivalente 1243.013.

El oro forma dos *óxidos*: el sub-óxido Au^2O, se obtiene descomponiendo, sin ausilio de calor, el protocloruro por un álcali fijo, i el peróxido, descomponiendo del mismo modo el percloruro. Ambos se reducen fácilmente por el calor, pero adquieren cierta estabilidad cuando se hallan combinados con la sílice. El peróxido Au^2O^3 forma *auratos* con los álcalis i tierras alcalinas, i produce con el amoniaco materias esplosivas. Mezclando una disolucion de oro con una de protocloruro de estaño, se forma el precipitado de color rojo purpúreo llamado *púrpura de casio*, que, segun parece, es una mezcla de oro i de deutóxido de estaño.

Forma tambien el oro dos *cloruros*, de los cuales el protocloruro Au^2Cl^2 es amarillo, se forma cuando se hace calentar con cuidado el percloruro a una temperatura que no pase de 200 a 300°; el percloruro, Au^2Cl^6, cuando se evapora la disolucion de oro en agua réjia, a una temperatura moderada en baño maría. Los dos se reducen por el calor, por la luz i por las sustancias orgánicas, etc. El protocloruro se descompone en oro i percloruro por el agua en ebullicion i es insoluble en el agua fria. El percloruro tiene gran tendencia para combinarse con los mas cloruros alcalinos formando cloruros dobles, que no se descomponen a 200°; es rojo, delicuescente, mui soluble en el agua i en el alcohol; las disoluciones mui diluidas son amarillas; a 100° de temperatura principia a desarrollar el cloro.

El oro precipita de sus disoluciones al estado metálico por gran número de sustancias, particularmente, por el hidrójeno sulfurado, el carbono, el azoe, por las materias animales o vejetales, por los metales, por los ácidos sulfuroso, fosforoso i nitroso; por los fosfitos i sulfitos, como tambien por las sales de sub-óxido de mercurio, i de protóxido de hierro, por el ácido oxálico i oxalato de amoniaco.

Aleaciones.—El oro se alea en todas proporciones con el hierro i se puede soldar el hierro con el oro; se alea tambien con el cobalto i el níquel. Tiene sobre todo mucha afinidad con el cobre, con el antimonio i la plata. El zinc, el bismuto i el plomo hacen disminuir la ductilidad de oro: una media milésima de plomo en el oro altera notablemente su ductilidad. Aléase tambien el oro en todas proporciones con la platina. El oro se amalgama fácilmente (páj. 211): el amalgama que contiene 7 partes de mercurio por una parte de oro, sirve para dorado.

SECCION SEGUNDA.

Minerales i productos de las artes.

§ I.—ESPECIES MINERALES.

El oro se halla en abundancia, diseminado en la naturaleza; pero, donde quiera que se encuentre, se halla diseminado en pe-

queña proporcion. Este metal constituye mui pocas especies minerales, i estas especies son:

1.° *El oro nativo*, que comprende las aleaciones de oro con plata i cobre;

2.° *El oro aleado con rodio;*

3.° *El oro gráfico;*

4.° *El plomo oro-telural;*

5.° *El sulfo-telururo de oro i plomo o telururo hojoso.*

1.° *Oro nativo* sea *puro* sea *platoso*. Siempre diseminado en granos, pepitas, hojillas, agujas, i cristalizado en cubos, octaedros, dodecaedros i otras formas que derivan del octaedro regular. Su color varía i es tanto mas pálido i blanquizco, cuanto mayor es la proporcion de plata que contiene; su peso específico es tambien variable de 12 a 19. Es blando, dúctil, flexible, lustroso en la raspadura.

Boussingault ha analizado doce variedades de oro nativo, las mas de la América meridional, i ha admitido siete combinaciones diferentes, en proporciones fijas, atómicas de oro i de plata.

Hé aquí las principales de estas especies:

	Mal Paso (1)	Rio-Sucio (2)	Hojas Anchas (3)	Trinidad (4)
Oro....................	0,8824	0,8794	0,8450	0,8240
Plata..................	0,1176	0,1206	0,1550	0,1760
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

	Guano (5)	Transilvania (6)	Santa Rosa (7)	
Oro....................	0,7368	0,6452	0,6493	
Plata..................	0,2632	0,3548	0,3507	
	1,0000	1,0000	1,0000	

(1) Oro del lavadero de Mal-Paso, cerca de Mariquita (Nueva Granada): en granos aplastados de un amarillo oscuro. Su peso específico 14,706. Tiene como ocho átomos de oro por un átomo de plata.

(2) Oro del lavadero de Rio-Sucio, cerca de Mariquita, en granos irregulares, de un amarillo oscuro. Su peso específico 14,690.

(3) Oro del lavadero de Hojas-Anchas (provincia de Antioquia): en hojas de un amarillo rojizo. Tiene seis átomos de oro por un átomo de plata.

(4) Oro del lavadero de la Trinidad, cerca de Santa Rosa de Osos, de color oscuro. Tiene cinco átomos de oro por un átomo de plata

(5) Oro nativo de Guano, cerca de Marmato (Nueva Granada) de un amarillo de laton.

(6) Oro de Transilvania en cristales cúbicos de un amarillo mui pálido.

(7) Oro del lavadero de Santa Rosa de Osos, (provincia de Antioquia) de un amarillo pálido que tira a verde. Su peso específico es 14,149.

G. Rose ha analizado gran número de variedades de oro de Asia i de Europa por un método que consiste en atacar el metal por el agua réjia, i reducir el oro por el ácido oxálico. (Véase la descripcion de este método al fin del capítulo). De estos análisis resulta: 1.° que la plata i el oro, siendo metales isomorfos, se hallan combinados en todas proporciones en la naturaleza; de modo que la proporcion de la plata subiendo desde 0,001 hasta 0,360, la del oro baja en la misma proporcion; 2.° que las mas variedades tienen a mas de la plata, un poco de cobre i de hierro, cuyos metales Rose considera como aleados con el oro; i la proporcion de los dos no pasa de 0,004.

Analizadas por el mismo método nueve variedades de oro de Chile dieron:

	Punitaque	Casuto		Guaicu
	(1)	(2)	(3)	(4)
Oro	0,9162	0,8660	0,8404	0,8569
Plata	0,0779	0,1320	0,1539	0,1375
Cobre	0,0023	0,0004	0,0010	0,0004
Hierro	0,0021	0,0018	0,0009	0,0020
	0,9985	1,0002	0,9962	0,9968
Quilates	22 quls.	20 q. 19 g	20 q. 4 g.	20 q. 13 g

	Andacollo			Morado	Carcu
	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Oro	0,9600	0,9315	0,9180	0,9671	0,8290
Plata	0,0310	0,0672	0,0785	0,0329	0,1710
Cobre	0,0016	0,0015	0,0017	....	....
Hierro	0,0013	0,0003	0,0018	....	....
	0,9939	1,0005	1,0000	1,0000	1,0000
Quilates	23 q. 1 g.	22 q. 8 g	22 q. 1 g.	23 q. 5 g.	19 q. 21 g

(1) Oro del lavadero de Punitaque: oro grueso de color amarillo subido, limpio en la superficie; los mas granos aplastados, otros como fibrosos, con pequeños granitos de cuarzo en el interior. El oro aunque reducido a láminas las mas delgadas posible, dió 0,001 de cuarzo.

(2) Oro del lavadero de Casuto: en pedacitos de uno a dos decígramos de peso mui porosos, con manchas negras en la superficie i una arcilla ocrácea en los poros. Este oro se conoce bajo el nombre de *oro crespo* en el comercio, i tiene la reputa-

cion de ser mas pobre que el *oro liso* (3); pero esta opinion proviene de que en la fundicion de este oro se esperimenta mayor pérdida que en la del otro, por causa de la arcilla que se halla encerrada en sus concavidades. Este oro proviene del *manto amarillo*, i se halla acompañado con pedacitos redondos de hidrato de hierro i de granito.

(3) *Oro del lavadero de Casuto:* oro llamado *oro liso* en pepitas, que tienen comunmente 2, 3, hasta 8 i 10 gramos de peso, i son de una superficie mui lisa, llana, con esquinas redondas. Proviene de la parte mas honda del terreno de acarreo, del *manto* llamado *manto azul*, compuesto de una arcilla azuleja, que se deslie con facilidad en el agua, i en medio de la cual no se ven fragmentos de hidrato o de óxido de hierro i de cuarzo como en los mas lavaderos, solo se ven rodados mui grandes de granito. En la misma localidad se han encontrado *pepas* de oro de mas de una libra de peso.

(4) Oro del lavadero de Guaicu (provincia de Talca); de grano grueso, en pedacitos de diverso tamaño, desde 1 hasta mas de 80 centígramos de peso, de color amarillo oscuro, i de superficie áspera, llena de porosidades.

(5), (6), (7). Provienen de los lavaderos de Andacollo, que se esplotan desde tiempos inmemoriales. El oro (5) es oro estremadamente menudo, de color amarillo mui lindo, mezclado con algunos granitos de oro negros en la superficie i otros de cuarzo i de óxido de hierro. El mas puro, despues de haberlo hecho dijerir en el ácido muriático para separar el óxido de hierro, dió todavía en la citada análisis 0,004 de cuarzo en polvo mui tenue, impalpable. Este es el oro que, siendo pegado a los granos de arena i en gran parte embutido en ellos, escapa al primer lavado, i se estrae comunmente de los montones de tierra que quedan despues por muchos años espuestos al contacto del aire, durante cuyo tiempo se descomponen los granos felspáticos, se reducen a polvo; i el oro se disgrega de ellos en el agua. La segunda variedad (6), proviene de una pepita redonda como de 4 gramos de peso, de color amarillo claro, i de superficie mui limpia i pareja. En fin la tercera variedad (7) es oro llamado *oro negro*, que se halla comunmente en granos gruesos i en pepitas, con una superficie desigual, manchada, i a veces enteramente cubierta con una sustancia negra, mui pegada al oro, la cual no es otra cosa mas que hidrato de hierro. Esta sustancia no contiene ningun indicio de cobre, i se disuelve con facilidad en el ácido muriático.

(8) i (9). *Oro de vetas.*—Como todos los minerales de vetas de oro se benefician en Chile por azogue, i el azogue que se emplea en el beneficio, contiene siempre plata i otros metales estraños, resulta de esto que no se deben considerar los resultados de los citados análisis hechos del *oro en pella*, es decir, del oro que resulta de la destilacion de las amalgamas, como composicion del oro que se cria en las vetas, sino como lei de las pellas de oro que se encuentran en el comercio. Estos análisis han si-

do hechos por incuartacion, copelacion i el método de apartar por la via húmeda, sin investigar la presencia del cobre i del hierro.

Resulta de los citados análisis del oro del lavadero: 1.° que todo oro de lavadero en Chile contiene unas dos a tres milésimas de cobre i de hierro, como todas las variedades de oro del antiguo continente: nos hemos asegurado que estos metales no se hallan en estado de óxidos mezclados con el oro, haciendo dijerir de antemano en el ácido muriático i con ayuda del calor, todo oro de lavadero, ántes de someterlo al análisis; i se ha visto tambien que el licor muriático que provenia de estas operaciones preliminares, nunca tenia cobre: 2.° se ve tambien que los mismos lavaderos dan oro de mui diversa lei: se observa aun, en algunas ocasiones, que los granos del mismo tamaño i de la misma forma se diferencian en el color: lo que denota diversas leyes i composicion del oro: de modo que, para investigar si el oro i la plata se combinan en proporciones atómicas fijas o en todas proporciones, seria preciso analizar solo pedazos enteros o cristales, i no el oro en polvo o en fragmentos menudos, que son unas mezclas de diversas aleaciones de oro.

Se observa, a mas de esto, que el oro, así como muchas otras especies minerales que en otras partes del mundo se hallan cristalizados, no se ha hallado cristalizado en Chile.

En fin, citaremos la composicion de algunas especies, que se diferencian mucho de las mas comunes.

	(1)	(2)	(3)
Oro..................	0,2800	0,7800	0,9896
Plata...............	0,7200	0,0948	0,0016
Cobre	......	0,1180	0,0035
Hierro..............	......	......	0,0005
	1,0000	0,9928	0,9952

(1) Oro de Schlangenber, analizado por el doctor Fortia.
(2) Oro analizado por Thomson.
(3) Oro de lavadero de Schabravskoy cerca de Ecaterinenburg, por G. Rose.

Parece que el oro perfectamente fino no se ha encontrado nunca en la naturaleza.

Boussingault ha notado que las aleaciones nativas de oro i plata tienen siempre un peso específico menor que el peso específico medio de los dos metales, sacado de las proporciones en que se hallan aleados; i lo que hai de mas particular en esto, es que, las mismas aleaciones siendo fundidas, su peso específico aumenta mucho, i se acerca al medio.

2.° *Aleaciones de oro i de rodio.*—Del Rio ha encontrado entre los minerales de oro de Méjico aleaciones de oro i de rodio, que tienen el mismo color que el oro nativo i cantidades mui va-

riables de rodio, cuya proporcion media es 0,34. Estas aleaciones se disuelven bien en el agua réjia.

3.° *Oro gráfico* (*metal escrito*).—Rara vez en masas; mas bien en pegaduras i cristalizado en prismas rombales de 106 a 107°, a veces tan delgados como agujas, i se atraviesan unos a otros en ángulos de 60 i 120°, imitando la escritura oriental. Es de color gris de acero claro, que con el tiempo se oscurece; lustre metálico, raspadura del mismo color i algo mas lustrosa; estructura granuda de grano fino, fractura desigual. Es blando, quebradizo; su parte específica 5,723. Al soplete, sobre carbon, se funde con facilidad en un globulillos gris; calcinando este globulillo, se produce un humo blanco, que se pega al carbon; i despues, soplando por mas tiempo, desaparece desarrollando una luz verde o azuleja. Despues de calcinado, queda un grano metálico dúctil, de color amarillo claro. En el tubo abierto, despide un olor picante; se forma cerca del ensaye humo gris de teluro metálico, i mas arriba humo blanco de óxido de teluro, fusible. Es atacable por el ácido nítrico; i consta segun Klaproth de:

Oro	0,30
Plata	0,10
Teluro	0,60

Es mui escaso; se cria con cuarzo, pirita, blenda i cobre gris. Hasta ahora solo se ha encontrado en Offenbanya i Nagyag en Transilvania.

3.° *Plomo oro-telural* (*metal hojoso de Nagyag*).—En masas, diseminado i cristalizado en tablas hexágonas de superficie lisa i lustrosa, i que se cruzan a veces en figura celular. Es de color gris de plomo negruzco que tira mucho a negro de hierro, lustre metálico, por dentro lustroso: su estructura hojosa perfecta, las mas veces curva, de simple crucero paralelo a las caras mayores de las tablas. Es blando, dócil, tizna algo, un poco fusible; su parte específica 8,918. Al soplete, sobre carbon, se funde, forma una pegadura amarilla i queda un grano de oro i plata dúctil. En el tubo abierto, humea con olor sulfuroso, formando un sublimado gris de telurato de plomo encima de la prueba, i mas arriba un sublimado blanco de ácido telúrico, que es mui fusible. Klaproth sacó

Oro	0,090
Plata	0,005
Plomo	0,540
Cobre	0,013
Teluro	0,322
Azufre	0,032

Berthier ha analizado otra variedad de la misma especie, compuesta de

Oro	0,067	Telururo de oro	0,197
Teluro	0,130	Súfuro de plomo	0,729
Plomo	0,631	Súlfuro de antimonio	0,062
Antimonio	0,045	Súlfuro de cobre	0,012
Cobre	0,010		
Azufre	0,117		1,000
	1,000		

Es por consiguiente una mezcla de teluro de oro con tres súlfuros. Su parte específica 6,84. Es atacable por el ácido nítrico aún débil.

Hasta ahora no se han encontrado estas especies minerales en ninguna otra parte del globo que en Nagyag en Transilvania; se hallan acompañadas con el oro nativo, súlfuro de manganeso, blenda parda i cobre gris.

4.° *Metal amarillo, oro blanco, plata telural,* o *telururo hojoso.*—Se halla diseminado en agujas, a veces en prismas rectángulos de cuatro caras; comunmente en hojas delgadas. Es de color amarillo, entre amarillo de laton i blanco de plata. Cristales por fuera resplandecientes i lustrosos. Estructura hojosa, crucero paralelo a las caras anchas del prisma; fractura transversal, desigual, de grano fino. Es blando, dócil, quebradizo. Peso específico 10,678. Atacable por el ácido nítrico. Al soplete se porta como el anterior. Klaproth sacó

Oro	0,2675
Plata	0,0850
Plomo	0,1950
Teluro	0,4495
Azufre	0,0050
	1,0000

Es mui escaso; se halla con los anteriores en Nagyag en Transilvania.

§ II.—MINERALES (O METALES) DE ORO.

Produccion del oro. Ya hemos dicho que el oro se halla estremadamente diseminado en la naturaleza. Toda la costa del Pacífico, la mesa central de Méjico, la de Minas Geraes en el Brasil, el declive oriental de los cerros de Ural i una infinidad de localidades en los dos continentes, suministraban a principio de este siglo todos los años al comercio cerca de 100,000 marcos de este precioso metal, en cuya produccion Chile ocupaba ántes el tercer lugar. En efecto, el Brasil era el pais que al principio de este siglo

producia la mayor cantidad de oro (28,000 marcos); venia despues Colombia, i en particular Nueva Granada, cuya produccion anual subia a 19 o 20 mil marcos; i en Chile se estraia mas de 11,000 marcos anualmente, miéntras ahora la estraccion anual de oro en esta República apénas pasa de 3,000 marcos.

Los paises que producen actualmente mayor cantidad de oro, son la Rusia, la California i la Nueva-Holanda. Segun el informe que con motivo de la esposicion universal de 1867 en Paris, publicó W. P. Blake en 1869, "Sobre los metales preciosos", las minas de todo el universo han producido en un solo año, 1867, por un valor de 130.680,000 pesos de oro i cobre: en esta cantidad:

Los Estados-Unidos produjeron cerca de	43	por	ciento.
Australia....................................	23	id.	id.
Rusia...	11	id.	id.

(*Report upon the precious metals* by William P. Blake.—Washington, 1869.)

En 26 de marzo de 1826 se halló en los lavaderos de Zlato-Ust una pepa de oro que pesaba 24 libras 12 onzas.

Si se esceptúa una cantidad mui pequeña e insignificante de minerales *telurados*, que se estraen de algunas minas de Transilvania, i que se hallan actualmente casi agotadas, el oro en toda esta estension de minas i terrenos auríferos, se halla siempre en estado metálico, siempre aleado con plata, i jamas combinado con azufre, arsénico, antimonio, o algun otro cuerpo *negativo* no metálico. La distincion, por consiguiente, i la clasificacion de los minerales de oro, provienen: 1.° de la diversa naturaleza de los terrenos en que se halla este metal; 2.° de la diversidad de sus criaderos. *Clasificacion.*

Con respecto a los terrenos en que se encuentran estos minerales, se distinguen dos clases de ellos, que son:

(A) *Oro de lavadero,*
(B) *Oro de vetas.*

(A) *Oro de lavadero.*—Esta clase de minerales de oro consta de unas capas de arena, guijarro, cascajo, arcillas, i a veces piedras rodadas mui grandes, que constituyen un *terreno de acarreo o aluviones* i descansan sobre unas rocas graníticas de cuya destruccion provienen. En medio de estas capas o mantos, como dicen los mineros, el oro se halla diseminado en granos, hojillas, cristales, i a veces en pedazos grandes, redondeados, que se llaman *pepitas*. Lo que acompaña comunmente el oro, i hace muchas veces distinguir el manto aurífero de los mantos estériles, son unos pedazos de hidrato de hierro, de cuarzo, de hierro espejado (arenilla) con granitos esquinados de felspato, hojillas de mica i pequeños granitos de cuarzo, en una palabra, fragmentos de las mismas rocas i vetas en medio de las cuales *Arenas auríferas.*

el oro se cria. En otros parajes, como en la costa de Chocó, en los lavaderos de Minas Geraes, i en los de Siberia, los mismos terrenos contienen platina, diamantes, záfiros i otras piedras jemas. Las arcillas que unen todo esto, i son mas abundantes, se deslien con facilidad en el agua; provienen, segun parece, de la descomposicion del mismo felspato, que jeneralmente constituye el elemento principal de las rocas auríferas; i son estas arcillas unas veces ferrujinosas, coloradas, como, por ejemplo, en los lavaderos de Andacollo, de Casa Blanca, de Punitaqui, de Catapilco, etc.; otras veces de grano mui fino, blancas, verdosas o azulejas, como en Casuto.

En jeneral, las arenas auríferas en Chile se distinguen de las arenas estériles de los rios i de las playas, por su grano mas esquinado, grueso, que indica la proximidad de los cerros i de las vetas, de cuya destruccion provienen; se distinguen tambien de la arena *terciaria*, que comunmente cubre los llanos, o constituye capas mui gruesas en los valles i en las embocaduras de los rios i en la costa, por ser esta última casi siempre caliza, muchas veces terrosa, o de grano mas redondo, con fragmentos de conchas i mariscos, mientras la verdadera aurífera en Chile, no contiene restos orgánicos, ni hace efervescencia con los ácidos.

Los terrenos de lavaderos de Chile se hallan siempre en medio de los cerros graníticos; forman mesetas de poca estension i a diversas alturas; son por lo comun mas elevados que los llanos terciarios de la costa, i siempre se hallan rodeados de unos cerros donde se trabajan o se habian trabajado vetas de oro. Estos terrenos tienen comunmente 20, 30, hasta 40 varas de grueso, i a veces cubren apenas la roca, o llenan unas quebradas angostas, mui hondas, como son los de Hierro-Viejo (Petorca). En medio de estos terrenos el oro se halla diseminado de un modo mui irregular; i a veces se halla en todo el grueso de los *aluviones:* sin embargo, parece que la mayor riqueza o el verdadero *manto*, se halla siempre en la parte mas baja del terreno de *acarreo*, en donde éste descansa en la roca firme, en el granito mismo. Como al mismo tiempo es por donde se filtran comunmente las aguas subterráneas, resulta de allí que casi siempre en estos mantos se halla agua, que sirve al mismo tiempo al lavado i estraccion del oro.

Hai lavaderos en que todo el oro que producen, es oro grueso, unas veces en pepitas redondas, lisas, otras veces en pedacitos porosos, (crespos). En este caso se hallan los principales lavaderos de Casuto, cuyo *manto* azul, así llamado por el color de las arcillas que lo constituyen, se halla en contacto con la misma roca firme, granítica i en medio de unos rodados inmensos graníticos. Otros lavaderos, como los de Andacollo, producen mucho oro menudo de una lei mui subida, i casualmente se hallan pepas grandes. Los mismos lavaderos, como ya se ha dicho, producen oro de diversa lei.

Lei de las arenas auríferas. Si se esceptuan los granos gruesos de oro, diseminados de un modo mui desigual, i que por esto no pueden entrar en el ava-

lio de la lei de las arenas auríferas, que constituyen la masa principal de los *mantos*, el comun de estas arenas en Chile rara vez tiene mas de una onza de oro por 64 quintales.—En este caso se hallan las mas arenas auríferas de Andacollo, las de las inmediaciones de Valparaiso, etc. Hai sin embargo tierras en que el oro es tan menudo, tan pegado a los granitos de arena, i encubierto a veces con hidrato de hierro, que aunque no presenten casi nada a la vista, dan sin embargo una lei mui subida en los ensayes por fundicion. Se pueden, por ejemplo, citar unas arenas auríferas de las inmediaciones de Casa-Blanca, de color rojo de ladrillos, de grano mui pequeño pero esquinado, cuyo *comun* bien molido i revuelto da a veces hasta 42/100 de libra (42 castellanos) de oro por cajon.

Es digno de notar que, aun en los paises donde las arenas auríferas se benefician en grande, i producen riquezas inmensas como, por ejemplo, en los lavaderos de Rusia, o bien en los del Brasil, la lei media de estas arenas no es mayor que la que se observa en Chile. Asi, en una memoria comunicada a la reunion de los naturalista en Iena, (en 1826) por el jeneral Tscheffkin, se ve que la lei media de las tierras auríferas de Ekaterinenburg en Rusia, no pasa de 72/96 zolotnik por 100 pud. (lo que corresponde a una lei de 0,0000071=4½ castellanos por cajon).

(B) *Oro de vetas.*—Los minerales de oro, que se estraen de las vetas, se distinguen i se clasifican por la diversa naturaleza de sus criaderos. Desde luego se deben distinguir:

(a) *Los metales de oro propiamente dichos*, es decir los que no se benefician sino por oro;

(b) *Los metales de plata auríferos*, que se benefician por plata, i en cuyo beneficio el oro hace un papel secundario.

(c) *Los metales de oro propiamente dichos* son de dos especies: en unos, el oro tiene por criaderos el hidrato de hierro, el cuarzo, el hierro espejado, unas arcillas ocráceas, a veces los carbonatos de plomo i de cobre: estos minerales se llaman comunmente *metales de color de oro;* en otros, el oro se cria en medio de la pirita de hierro, del cuarzo, de la blenda, a veces con la pirita cobriza i otros minerales de cobre, con el sulfoarseniuro de hierro, con galena, etc.; i estos minerales se llaman por los beneficiadores *metales de bronce.*

En jeneral, casi siempre las dos clases de minerales se hallan en unas mismas vetas, con la diferencia de que aquellos ocupan la parte superior de ellas, i los segundos aparecen en hondura. Los primeros son casi siempre de un beneficio mas fácil que los otros, porque, si se les aplica el método mas sencillo del lavado, la diferencia mui grande entre el peso específico de los criaderos, que es de 3 a 5, i el oro, que varía de 12 a 19, hace que la separacion del último metal se verifica pronto i completamente; i si se emplea el método de amalgamacion, no habiendo en los minerales ningun súlfuro, el mercurio no se destruye i se apodera con mayor facilidad del oro.

METALES DE COLOR DE ORO.

Metales ferrujinosos. El mas comun de todos los minerales de esta clase es un mineral de hidrato de hierro con criadero de cuarzo i hojillas de oro, o bien un cuarzo poroso, a veces escoriáceo, liviano, mezclado con una arcilla ocrácea amarilla o rojiza i con pequeños granitos de oro. Se observa que, en jeneral, un cuarzo compacto macizo, denso, con poco hierro, es estéril, o forma minerales mui pobres, mientras el mismo cuarzo, heterojéneo, mezclado con mucho hidrato de hierro i poroso, contiene mas oro. Otra observacion, que se debe a los mineros prácticos, es esta: siendo el oro, en la mayor parte de estos minerales, en hojillas mui delgadas o granitos pequeños, i diseminados mui desigualmente, este oro se percibe a la simple vista, aun cuando la lei del mineral no llegue a una media milésima de oro por unidad de mineral. Por esto corre un antiguo adajio entre los mineros, que, para que un metal de color de oro dé una libra de oro por cajon (64 qls.), es preciso que tenga oro a la vista. En efecto, esta opinion, se comprueba con frecuencia en los ensayes por la via seca. Así, un mineral de las inmediaciones de Coquimbo en que se veia diseminado en algunas partes el oro en hojillas mui menudas, dió en un ensaye hecho por fundicion con toda la prolijidad posible 0,00016=102 castellanos por cajon. Unos minerales ferrujinosos negros de Aconcagua, que anunciaban a la poruña oro mui menudo,

dieron..	6½	castellanos	por cajon
otros de la misma clase de Huasco-Alto	42	id.	id.
otros de color amarillo de la mina del Toro en Andacollo........	40	id.	id.

Es de observar que el oro de estos minerales es casi siempre de una lei mui elevada, i casi siempre mui menudo.

Pero, a mas de estos minerales *de color*, que son los mas comunes en Chile, hai otros, cuya naturaleza, con respecto a los criaderos, es mui distinta, i son unas veces:

Metales cobrizos. *Metales de color de cobre* con oro a la vista, como suelen salir en una que otra colpa los minerales de cobre de Tamaya, de Punitaqui, de Remolino.

Otras veces, *metales de color de plomo*, que son unas mezclas de carbonato de plomo con carbonato de cobre, i muchas veces con galena.

Metales plomizos. Estos últimos merecen particularmente la atencion de los mineros: en primer lugar, porque suelen a veces tener una lei considerable de oro; i segundo, porque se pudiera con facilidad estraer de ellos el oro aleado con plomo, fundiendo estos minerales en hornos de mangas o de reverbero. Un mineral de esta clase, procedente de la mina de Garin en el camino de los Pú-

quios (Copiapó), compuesto de galena, carbonato de plomo i arseniato de plomo, dió en un análisis

Plomo......	0,2220	=14 quintales 2/10 por cajon;
Plata.......	0,0066	=88 marcos por cajon;
Oro.........	0,0000312	=20 castellanos por cajon.

Un otro *metal* de carbonato de plomo, de las minas de Copiapó (no se sabe de qué mina), dió

Plomo......	0.6100	=39 quintales por cajon;
Plata.......	0,0044	=54 marcos por cajon;
Oro.........	0,00005	=32 castellanos por cajon.

Otro metal análogo, compuesto de carbonato de plomo, i procedente de las provincias del Sud, de unas minas de oro situadas en la hacienda de Cocalan (departamento de Rancagua)

Plomo......	0,44000=28	quintales 16 libras		por	cajon
Plata.......	0,00050=6½	marcos	id.	id.	id.
Oro.........	0,00005=32	castellanos	id.	id.	id.

Una mina de oro en el cerro de Cárcamo, en el departamento de Combarbalá, daba tambien esta clase de metales, compuestos de carbonato de plomo i carbonato de cobre, con oro grueso de color amarillo pálido.

En jeneral, el oro de estos minerales es de baja lei, por la plata que contienen, i rara vez se ve a la simple vista.

METALES DE BRONCE DE ORO.

Los minerales de esta clase son:

(1) Los de pirita de hierro unas veces pura, con criadero de cuarzo, sin cobre; otras veces mas o menos cobriza;

(2) Los de pirita mezclada con blenda i cuarzo, a veces de blenda casi pura sin pirita, con criadero de cuarzo;

(3) Los mismos mezclados con sulfo-arseniuro de hierro, con galena, i a veces con cobre gris: estos son mas escasos, i solo en algunas minas se hallan casualmente.

Los minerales de pirita de hierro aurífera son los mas abundantes i en jeneral, forman el objeto principal de esplotacion en las minas de oro. La pirita está casi siempre en masas o cristalizada en cubos u octaedros, i mui rara vez en formas mas complicadas, miéntras en la minas de cobre, i de otros minerales que no contienen oro, la misma pirita se halla comunmente

(1) *Pirita aurífera.*

en dodecaedros pentagonales, en icosaedros, etc. El cuarzo, que acompaña las piritas auríferas, es por lo comun poroso, opaco. El oro está casi siempre en partículas estremadamente pequeñas, de color mui lindo, subido, i mui rara vez de grano bastante grueso, o de hojas bastante anchas, para que se pueda divisarlo en el mineral no molido, a la simple vista, solo por el lavado mui prolijo, en la *poruña*, como lo hacen los mineros de Chile, o bien en una canalita inclinada, o un tubo, como lo aconseja Boussingault, se descubre el polvo aurífero.

Este polvo en los minerales de Chile, es en jeneral de una lei mui subida, las mas veces mayor que las del oro de los lavaderos mas inmediatos; i como todo el oro de los terrenos de acarreo proviene de la destruccion de la parte superior de las vetas, se hecha de ver que el oro de la superficie o de los *crestones* de las vetas de Chile habrá sido mas grueso i aleado con mayor cantidad de plata que el que se halla en hondura.

Segun Boussingault, las piritas de Marmato, en Colombia, contienen a veces grupos de cristales de oro, que pesan mas de media onza; el oro es mui fino; i en jeneral los minerales que se consideran como pobres, pero que dan alguna utilidad siendo trabajados por los negros, contienen 0,0002 de oro, lo que corresponde como a 1 libra 4 onzas por cajon.

Esta lei mui rara vez se encuentra en los *metales de bronce de oro* en Chile; porque los mas dan apenas 40 a 50 pesos de oro por cajon (16/100 a 20[100 de una libra, es decir, 16 a 20 castellanos por cajon). Hé aquí algunos ejemplos.

	En fracciones decimales.	En castellanos por cajon.
Petorca:—minas del Bronce—Piritas de hierro; lei media de los minerales que se benefician.....	0,0000312	20
Id. piritas botadas en los desmontes..............................	0,0000166	10 ½
Illapel:—minas del Romero—pirita cobriza con criadero de cuarzo..................................	0,0000250	16
Id. pirita cristalizada en cubos del Chivato..........................	0,0000063	
Id. pirita pura, cristalizada en octaedros sin ningun criadero..	0,0000200	12 4[5
Id. mina de las Vacas, la mas antigua i mas metalera de Chile:—los metales comunes........	0,0000300	18 a 20
Caleo—metal de bronce cobrizo, mezclado con hidrato de hierro i cuarzo................................	0,0000500	32
Tiltil, bronce con blenda negra, cuarzo cristalizado................	0,0001875	120
Alhue: pirita mui pálida, tiene oro mui platoso (plata 0,0003)	0,000025	16

	En fracciones decimales.	En castellanos por cajon.
Illapel: mina de las Vacas, pirita cúbica......................	0,000100	64
Huasco-Alto-bronce *tornasolado*.	0,0001000	64
Colchagua, mina de Yaquil, bronce cobrizo.........................	0,0001500	96
Id. mina de la Mula-Muerta, pirita..............................	0,0000670	43
Talca de Barraza—metal de bronce con mucho cuarzo poroso i algunas puntillas de oro a la vista..............................	0,000530	339
Andacollo:—mina la Churumata —metal parecido al anterior...	0,000680	392

En jeneral, los minerales de pirita aurífera, que se trabajan i benefician con utilidad en Chile, tienen a lo ménos 0,000025 a 0,00003, es decir, 16 a 20 castellanos por cajon; i todos se benefician por el lavado, i amalgamacion.

En Rusia, en las minas de Ekaterinenburg se utilizan los minerales de una lei cuatro veces menor que aquella; i en el Piamonte hace cuenta beneficiar en unos molinos de amalgamacion, las piritas que no tienen mas que 0,00001 (6 castellanos por cajon).

Es admirable la destreza con que los mineros de Chile ensayan los minerales pobres de bronce *a la poruña*, es decir, por el simple lavado en unos cuernos de asta, determinando todo a la simple vista, sin pesar ni el mineral ni el oro; i rara vez yerran de 5 a 6 castellanos por cajon, en lo que los mismos minerales dan en un ensaye mas prolijo hecho por fundicion.

(2) *Metales de bronce con mucha blenda.*

Los minerales que contienen mucha blenda mezclada con pirita, son de la misma naturaleza que los anteriores. La blenda es casi siempre negra, de lustre de vidrio i atacable con mucha facilidad por el ácido muriático, con desarrollo de hidrójeno sulfurado, sin depósito de azufre: es por lo comun un súlfuro doble de zinc i de hierro. Boussingault ha encontrado en las vetas de pirita aurífera de Candado (cerca de Marmato, provincia de Popayan), una blenda negra, hojosa que se disuelve completamente en el ácido muriático, i contiene 3 átomos de súlfuro de zinc por 1 átomo de súlfuro de hierro. Una blenda negra, aunque de distinta composicion se halla en la Leona i la Leonilla, minas de oro cerca de Rancagua. Esta blenda se considera por los mineros como indicio de la presencia del oro en los minerales, sobre todo, cuando se halla mezclada al mismo tiempo con pirita i cuarzo. Una colpa de este mineral, compuesta de mas de tres cuartas partes de su peso de blenda, dió en unos ensayes por la via seca 0,000015=96 castellanos de oro por cajon, a pesar de que no habia ningun indicio de partículas de oro a la vista. La parte de esta blenda, soluble en

el ácido muriático, tiene como 8 átomos de protosúlfuro de zinc por un átomo de protosúlfuro de hierro; i las dos citadas especies constan de

	Marmato.		Rancagua.
Protosúlfuro de zinc........	0,771	....	0,897
Id. de hierro........	0,229	....	0,103
	1,000	....	1,000

(3) *Metales de bronce cobrizos.* No es raro hallar en las vetas de pirita aurífera especies sulfurosas de cobre i tambien con frecuencia hallamos oro a la vista en las vetas de cobre piritoso i cobre abigarrado, pertenecientes a la parte litoral granítica de las dos provincias septentrionales de Chile. La razon de esta asociacion en los dos metales es que en esta parte litoral de los terrenos compuestos de rocas graníticas i porfíricas no estratificadas se halla el *yacimiento* de los mejores criaderos de oro i cobre. Así se sabe que mui a menudo salen de las mui ricas minas de cobre de Tamaya muestras de cobre abigarrado con granos i puntillas de oro; igual caso se observa en las minas de Punitaqui donde en una pequeña estension de terreno existen vetas de cobre, de oro i de mercurio.

Pero de ninguna parte, que yo sepa, se estraen minerales de esta naturaleza, mas ricos en oro, que de las minas del Altar, situadas en el departamento de Ovalle, provincia de Coquimbo. Son por lo comun estos minerales unas mezclas de pirita, blenda i galena; pero en partes, aparece tambien en ellos cobre gris antimonial platoso i aurífero. Sucede en este caso, lo que muchas veces he oido decir a los mineros, que miéntras mas *revuelto*, mas heterojéneo, i de mayor número de especies minerales compuesto es el mineral, mas promete i mas oro contiene. Sin embargo, la lei de estos minerales tanto en plata como en oro es mui variable i para dar una idea del contenido de ellos, citaré los siguientes resultados de los ensayes hechos sobre un gran número de muestras sacadas de las citadas minas.

			Por cajon.
Cobre gris puro, amorfo, dió al ensaye:			
	en plata....	0.0089	114 M.
	en oro....	0.0001	64 C.
Mezcla de este cobre gris con galena i pirita:			
	plata.....	0.0015	20 M.
	en oro....	0.00005	32 C.
Mezcla de cobre gris, galena, blenda i pirita (a 60 varas de hondura):	plata....	0.0039	50 M.
	en oro....	0.0001	64 C.
Mezcla de galena, pirita i blenda (a 65 varas de hondura):	oro....	0.0001	64 C.
Igual al anterior, a mayor hondura:	oro....	0.0001	64 C.
Igual mas pobre en partes metálicas:	oro....	0.000075.	

(b) *Metales de plata auríferos.*—Los mas minerales de plata de los dos continentes son auríferos, i la plata que proviene de su beneficio, es casi siempre aleada con un poco de oro. Sonnenschemid hablando de los minerales de Méjico, dice en su tratado de la amalgamacion:—"En muchas ocasiones el oro acompaña a la plata en los minerales en tan poca cantidad, que si los dos metales se revolviesen, no haria cuenta volverlos a apartar: para remediar este inconveniente, se introduce, cuando se muelen minerales en cada tahona (trapiche) una corta porcion de azogue, que manteniéndose en el fondo i en las hendiduras de las piedras, se traba continuamente con el asiento metálico mas pesado, i estrae así la mayor parte del oro que contiene el mineral, junto con alguna plata. Como esta amalgama o pella se mantiene en el fondo i en las hendiduras de las tahonas (de la solera), no hai riesgo de que se saque con las lamas que diariamente se descargan Cada ocho o quince dias se junta esta amalgama, raspando con unos hierros hechos a propósito para esta operacion, todas las hendiduras de las tahonas. Despues se limpia, se quema i se afina en un pequeño horno de afinacion que llaman tuelle, resultando plata con considerable lei de oro. Pero este método carece de exactitud por no estraer siempre todo el oro, lo cual es tan a la vista, que a veces, en deslamando los resíduos de la amalgamacion o beneficio del patio en una jícara (*achua*), se observa una ceja de oro vírjen." *Minerales de plata aurífera en Méjico.*

Segun Humboldt, casi todas las vetas de plata de Méjico contienen oro; i la de Guanajuato da como un marco de oro por cada 360 marcos de plata. En Villalpando, cerca de Guanajuato, en la mina de Santa-Cruz, la veta principal se halla atravesada por un gran número de pequeñas *guias* terrosas (guias podridas), tan ricas en oro, (a pesar de que este metal es invisible), que para evitar robos, se obliga a los mineros, a que se bañen en una gran tina, al salir de las minas.

En Chile, no todos los minerales de plata tienen oro: aun se puede decir que, en jeneral, los que contienen mucha plata córnea o amalgama nativa, no dan ningun indicio de oro al ensayo i la plata que proviene del beneficio de ellos no es aurífera. En este caso se hallan las minas de plata de Chañarcillo, de Agua-Amarga i de Arqueros. Los demas minerales i minas de plata que producen plata sulfúrea, antimonial o arsenical, i todos los minerales de plata cobrizos o plomizos, son auríferos; i la plata que se estrae del beneficio de estos minerales, contiene oro. Así, los minerales de súlfuro de cobre con galena i blenda de las minas de plata de San Pedro Nolasco, de Catemo, de San Antonio; los mas de cobre de gris, de galena i de cobre abigarrado de los departamentos de Combarbalá i de Elqui, tambien todos los minerales de galena i de carbonato de plomo, como los de Rapel, de Paiguano, de Chapilca i particularmente los de Lomas-Bayas todos esos minerales ensayados por plata, dan comunmente un boton de plata, que no se disuelve enteramente en el ácido nítrico, i deja siempre un pequeño resíduo de oro. *Minerales de plata aurífera en Chile.*

En cuanto al lecho de los diversos minerales de oro en Chile, se puede decir que, en jeneral, las vetas de oro propiamente dichas se hallan en los terrenos graníticos no estratificados, en las rocas que en jeneral constituyen la costa del Pacífico i la parte mas elevada de los Andes, i que se conocen en la jeolojía bajo la denominacion de *rocas primitivas*, *rocas de sublevamiento*, *rocas de cristalizacion*. En efecto, sobre estas rocas descansa el terreno segundario de los Andes, como tambien la mayor parte de los terrenos terciarios; i en donde quiera que rompan estas rocas algun terreno estratificado, suelen aparecer en ellas vetas de oro i de cobre. Estas últimas, segun parece, son mas modernas que aquellas, porque se ha observado en varias ocasiones que, apareciendo una veta de cobre en medio de las minas de oro, este último metal desaparecia, o sus minerales disminuian considerablemente de lei. Ahora, con respecto a los minerales de lavaderos, ya se ha dicho que éstos se hallan en los terrenos, que provienen de la destruccion de los anteriores; miéntras los minerales de plata aurífera tienen su lecho enteramente distinto, en medio de unos terrenos estratificados, las mas veces porfíricos. En cuanto a los minerales de plata auríferos, *su lecho* es el de los minerales de plata.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

§ I.—CLASIFICACION DE LAS MATERIAS I ESPRESION DE LA LEI.

Entre las materias que contienen oro, tenemos que distinguir:

Clasificacion. 1.° Las que no pueden pasar inmediatamente a la copelacion; como son los mas minerales, algunas aleaciones, las cenizas de los plateros, etc.

2.° Las que pasan a la copelacion; tales son algunos minerales, como la galena, los telururos, etc., i las aleaciones del oro con aquellos metales, que se pueden separar de la plata por esta operacion;

3.° Las aleaciones del oro con plata i platina, las que no se pueden ensayar exactamente sino por la vía húmeda.

Espresion de la lei. Hai tres modos de espresar la lei de las materias que contienen oro:—el primer modo se aplica indistintamente a todas las materias, sea a los minerales, sea a las aleaciones; i este modo consiste en espresar la proporcion de oro que hai en una materia, en fraccion decimal de la unidad, como se hace para las aleaciones de plata. *En fracciones decimales.* Así, la lei de un mineral 0,00025 quiere decir que en cada cien mil partes de mineral hai veinticinco partes de oro.

El segundo modo, que se usa comunmente en Chile, se aplica solo a los minerales de oro, i consiste en espresar cuántas libras i fracciones de libra de oro hai en un cajon o en cada 64 quintales de mineral. *En castellanos.* En esto, la libra se divide en 2 marcos=

100 castellanos=300 tomines=9600 granos. Para trasformar una lei espresada en fracciones decimales, en otra espresada en libras, castellanos, tomines, etc., tenemos que multiplicar la misma fraccion decimal que es la espresion de la lei, por 6,400: en este caso las unidades espresan el número de libras; i las dos primeras cifras decimales, el número de castellanos de oro que hai en un cajon o en cada 64 quintales de mineral. Supongamos que el mineral tenga una lei de 0,00151 de oro; multiplicando esto por 6,400, resulta 9,664: lo que quiere decir que hai 9 libras, 66 castellanos i 4/10 de un castellano de oro en cada 64 quintales de mineral; i como en cada castellano hai 8 tomines, la fraccion 4/10 de un castellano es=8 veces 4/10=3 tomines 2/10 de 1 tomin de oro. En fin, habiendo en cada tomin 12 granos, la fraccion 2/10 de 1 tomin es igual a 12 veces 2/10=2 4/10 granos. Ahora, para trasformar una lei espresada en libras, castellanos, tomines i granos, en otra que sea de fracciones decimales, es preciso reducir los castellanos, tomines i granos en fraccion decimal de una libra; se agrega esta fraccion al número de libras, i se divide todo por 6,400.

El tercer modo de espresar la lei de oro, se aplica solo a las aleaciones; i en lugar de espresar la proporcion de oro en fracciones decimales, es decir, en milésimas o diez milésimas, lo que hace suponer que la unidad se divide en mil o diez mil partes, se supone que la misma unidad se divide en 24 partes que se llaman *quilates*, i cada quilate en 24 partes llamadas *granos*: de modo que en este caso la unidad se divide en 24 veces 24=576. Si se pregunta ahora ¿cuántos quilates i granos dará un oro de 0,900, que es la lei de la moneda de oro en Francia i en Chile? Diremos: 1000 es a 24 como 900 es al número de quilates que se busca, i que es 24 $^{900}/_{1000}$=21 6/10 quilates. Para reducir la fraccion 6/10 de un quilate en granos, como en cada quilate, hai 24 granos, se multiplica esta fraccion por 24, i tendremos 14 4/10 granos. La conversion de los quilates i granos en partes decimales se hace observando un órden inverso. Si se pregunta cuántas milésimas dará el oro de 21 quilates, que es la lei de la antigua moneda de oro en Chile i en todas las Américas ántes españolas, se dirá: *En quilates.*

$$24 : 1000 : : 21 : x=875.$$

Se advierte que, mientras en España i en Inglaterra se divide el quilate en 24 partes, en Francia i en Holanda se divide en 32.

§ II.—MATERIAS QUE NO PUEDEN PASAR INMEDIATAMENTE A LA COPELACION.

Método jeneral.—Se ensayan estas materias del mismo modo que las que contienen plata, por escorificacion, por fundicion despues de haberlas calcinado, o por fundicion sin calcinarlas

préviamente; i como son ordinariamente mui pobres de oro, se deben tomar para el ensaye a lo menos 25 granos en vez de 10 granos, que bastan para los ensayes de plata. En jeneral, cuando contienen óxido (carbonato) de plomo, se funden con flujo negro: cuando se componen solo de sustancias oxidadas, pero no contienen óxido de plomo, se funden con flujo negro i litarjirio: cuando constan de un criadero pedregoso mezclado con algunas sustancias oxidables, como son las piritas arsenicales o cobrizas, lo que sucede mui a menudo, se funden entónces con litarjirio, sin agregar reductivo alguno: en fin, cuando constan de sustancias oxidables casi puras, como son las piritas, los arseniuros, etc., se han de fundir con una mezcla de litarjirio i salitre, a fin de evitar la necesidad de copelar una gran cantidad de plomo, o se calcinan i en seguida se funden con litarjirio i carbon. Es necesario que toda la masa esté bien fundida i perfectamente líquida, a fin de que no queden granallas en la escoria; i como la cantidad de esta masa que se ensaya, es mui considerable, conviene dividirla en dos o tres porciones que se funden por separado en unos crisoles que no se deben llenar sino a las tres cuartas partes de su capacidad. Cuando las sustancias que se ensayan, contienen azufre, importa mucho que la operacion se verifique de tal modo, que todo el azufre se queme por el oxíjeno de los reactivos oxidantes, i no se formen súlfuros alcalinos, porque estos súlfuros retendrian siempre cierta cantidad de oro, que no se les puede quitar ni por el plomo ni por ningun otro metal.— Así, fundiendo con 30 granos de flujo negro 10 granos de sulfo-telururo de oro i de plomo que habian producido 0,067 de oro por la via húmeda, se perdió como una quinta parte de oro en las escorias:—la misma cantidad de este mineral fundida con 2 gramos de limadura de hierro, perdió en la escoria solo una undécima parte del oro contenido en el mineral; en fin, se ha reconocido que, para no perder oro en las escorias, i para que el plomo que proviene del ensaye, sea libre del antimonio i del teluro, cuyas sustancias harian difícil la copelacion, es preciso fundir este mineral con 20 a 25 partes de litarjirio.

Por esta causa, es absolutamente necesario distinguir en los ensayes de oro, las materias que tienen azufre, antimonio, arsénico teluro, de las que no los tienen; i se ve que los métodos, que sirven para estas últimas, darian resultados mui inexactos en las primeras. Entre aquellas, la que mas a menudo suele ensayarse, es la pirita aurífera; i entre las otras, son las tierras auríferas de lavaderos i los metales de color de vetas, los que merecen un estudio particular de parte del ensayador.

Regla jeneral: *la fundicion no debe producir eje, ni escoria mui silicatada: ésta debe hallarse libre de toda especie de súlfuro de arseniuro, i debe ser básica.*

Tierras de lavaderos. Las arenas auríferas o tierras de lavaderos mui rara vez contienen pirita ni alguna otra sustancia oxidable: por esto, todas se ensayan con la mayor facilidad, fundiéndolas con litarjirio, bórax i flujo negro, o bien con litarjirio, potasa o sosa del comercio,

bórax i carbon. Una de las mezclas que convienen a esta clase de ensayes, es por 1 parte de mineral 1 parte de litarjirio, 1 parte de bórax, 1 a $1\frac{1}{2}$ parte de potasa o sosa i un gramo de carbon molido, es decir:

50 gramos (1000 granos) de mineral		50 gr.	mineral
50 — de litarjirio		50 —	litarjirio
50 a 75 gr. de potasa	o bien	50 —	bórax vitrificado
50 — de bórax		25 —	de flujo negro.
1 — de carbon.			

Metales de color. Del mismo modo se pueden ensayar los mas *metales de color*, con la diferencia de que, habiendo en ellos por lo comun mucho peróxido de hierro i a veces peróxido de manganesa, cuyos óxidos con el contacto del bórax i del carbon pasan al estado de protóxido, es menester agregar mucho mas reductivo: en algunos casos, 3 a 4 veces mas de lo que se emplea en el caso anterior; porque en este caso, una parte de carbon se quema por el oxíjeno de los citados óxidos. Solo se advierte que, ántes de adoptar este método, es preciso asegurarse bien que en el mineral que se ensaya, no haya ningun vestijio de pirita, lo que sucede mui rara vez: i en caso que hubiese algunas partes piritosas, es menester calcinar de antemano el mineral, i aumentar al fin de la operacion el fuego, para descomponer completamente el sulfato.

Es tambien indispensable asegurarse que la potasa o sosa que se emplean no contienen sulfatos, los que en la fundicion con carbon darian lugar a la formacion de súlfuros.

Súlfuros alcalinos. *Pirita aurífera.*—Los antiguos docimasistas se aprovechaban de la propiedad que tienen los súlfuros alcalinos, de disolver el súlfuro de oro, para hacer ensayes de piritas auríferas; pero los métodos fundados en esta propiedad, son ménos exactos i ménos cómodos que los que se han indicado en los modos de ensayar las materias arjentíferas. Schlutter aconseja de mezclar la pirita aurífera con 3 partes de potasa perlasa, de hacer caer la mezcla por pequeñas porciones en un crisol enrojecido por el fuego, i de fundir todo despues rápidamente. Despues de esto, él hace moler la materia fundida, la hace desleir en el agua i filtra. El oro, segun la operacion de Schlutter se halla en este caso completamente disuelto; i para separarlo del licor, no hace mas que *saturar* la disolucion con vinagre. Entónces el oro se precipita, mezclado con una gran cantidad de azufre; i del resíduo se obtiene oro puro, sea calcinándolo sin agregar cosa alguna, sea agregando un poco de plomo, para que todo se una en un glóbulo, que se ha de someter despues a la copelacion ordinaria.

Acido nítrico. Sage aconseja de hacer hervir las piritas aurífera con 12 veces su peso de ácido nítrico, de someter despues el resíduo que no se disuelve, a la escorificacion ordinaria, descrita en el capítulo anterior, i de copelar despues el plomo.

Calcinacion. Boussingault asegura que se pueden ensayar las piritas aurí-

Lavado. feras con mucha exactitud, calcinándolas completamente, lo que las hace transformarse en un polvo de peróxido de hierro mui liviano, i somete despues este polvo a un lavado prolijo. Aconseja sobre todo adoptar este método, cuando se trata de reconocer si una pirita contiene oro o no; i para esto basta tomar 40 a 50 gramos de mineral, i se lava el óxido que proviene de la calcinacion, en un tubo de vidrio de 5 a 6 pulgadas de largo i como de ¾ de pulgada de diámetro: en pocos minutos el oro se une en el fondo del tubo, i se percibe distintamente, aunque no haya mas que alguna partícula de este metal. En todo caso, el oro que se halla diseminado en estado metálico en medio de la pirita, ha de quedar, por este método, enteramente separado de sus criaderos.

Via seca. En los ensayes por la vía seca, dos métodos se nos presentan con preferencia a los demas. El primero consiste en calcinar la pirita del modo mas completo posible, templando al principio de la operacion el calor, aumentando despues el fuego hasta el calor albo, para descomponer enteramente los sulfatos, i fundiendo el resíduo con la misma mezcla que se emplea para los *metales de color*, es decir, con litarjirio, bórax, potasa o sosa i carbon. El segundo método es análogo al que se ha descrito (páj. 303) para los minerales de plata. Se funde un gramo de mineral con 50 de litarjirio, teniendo cuidado que no caiga en el crisol algun pedacito de carbon durante la operacion: se obtiene una cierta cantidad de plomo; i se saca de esto, por cálculo, cuanto plomo darian 50 gramos de mineral. Se dejan entónces para la copelacion unos 20 gramos de plomo i lo restante partido por 4, indica la cantidad de salitre que se ha de agregar a 50 gramos de mineral, para que todo el azufre del mineral se acidifique sin dar lugar a la formacion del súlfuro alcalino. Ejemplo:—supóngase que 1 gramo de mineral, fundido con 50 gramos de litarjirio, produzca en un ensaye preliminar 5 gramos, 53 de plomo: 50 gramos del mismo mineral darian 50 veces 4 gramos 53=226 gramos, 5. Dejando entónces 26 gramos de plomo para la copelacion, i observando que 200 gramos de plomo necesitan 50 de salitre para oxidarse, se hará una mezcla de 50 gramos de mineral con 50 gramos de litarjirio, 50 gramos de salitre i 50 de bórax, sin agregar *reductivo* alguno.

Ejemplos sacados de la docimacia de Rivot, tomo IV, páj. 987.

1. *Minerales mui pobres de pirita ordinaria* o *arsenical* que contengan cuando mas 10 por ciento de criadero cuarzoso:—se puede tomar 15 gramos de mineral, 30 de carbonato de sosa, 20 gramos de bórax, 100 gramos de litarjirio i 30 gramos de salitre: la operacion debe ser lenta; durará 40 a 50 minutos.

2. *Cobre piritoso o abigarrado*; no se puede ensayar por medio de litarjirio i de salitre porque el plomo saldria cobrizo. Es necesario calcinar primero estos minerales i en seguida fundirlos con flujos capaces de escorificar toda la materia oxidada con adicion de litarjirio i carbon, a fin de obtener 40 a 50 gramos de plomo.

3. *Blendas.* Las blendas son por lo comun mui pobres en oro; sin embargo algunas de Chile tienen mayor proporcion de este metal que las piritas. Se debe tomar en los mas casos para el ensaye 40 a 50 gramos. Rivot aconseja tomar hasta 200 gramos i en seguida, funde el residuo con bórax carbonato de sosa en dos o tres crisoles, añadiendo a cada uno 60 gramos de litarjirio con 2 gramos de carbon. Si la blenda contiene a un tiempo plata, se ha de ensayar el mineral por separado por plata.

4. *Cobre gris, súlfuro de antimonio.*—Los minerales de esta especie son por lo comun mui pobres en oro. Segun Rivot, se debe operar sobre 150 a 200 gramos, i se ha de principiar por una calcinacion del mineral, la mas lenta i gradual posible. a fin de evitar la aglomeracion del polvo; pero se termina la calcinacion al calor rojo vivo. El mineral calcinado se funde con un peso igual al suyo de bórax, otro peso igual de carbonato de sosa o 200 gramos de litarjirio. En la materia fundada, cuando ya ha cesado la efervescencia, se introduce otros 60 gramos de litarjirio con 2 gramos de carbon. El plomo que se obtiene contiene por lo comun antimonio o cobre, i para que pase a la copelacion se le ha de agregar plomo.

5. *Galena.*—Los minerales de la galena son por lo comun mui pobres en oro i Rivot emplea para ellos procedimiento análogo al anterior: es decir calcinacion en grandes tasas, fundicion con 1 parte de bórax o 1 parte de carbonato de sosa, segun lo exijiria la naturaleza del criadero i la introduccion en la materia fundida, no de una vez sino en dos o tres porciones, de 100 gramos de litarjirio con 2 gramos de carbon.

En cuanto a las arenas auríferas, Rivot opina que no se puede operar sino sobre grandes cantidades de la materia que se debe subdividir en porciones de 20 a 25 kilógramos i estas se someten al *lavado* para tener separadas i ensayar cada una por separado: 1.° la materia terrosa mas liviana que pasa en suspension con las aguas del lavado; 2.° arena mas *menuda*; 3.° arena *gruesa*; 4.° el guijarro. La primera se vuelve a someter al lavado sobre una tabla inclinada cubierta de jénero, con una corriente de agua mui lenta, i el residuo se funde con 2 partes de bórax i 10 partes de litarjirio, a lo que se añade repetidas veces 60 gramos de litarjirio con 2 gramos de carbon. Del mismo modo se procura reducir a la menor cantidad posible por el lavado, sobre planes poco idclinados, cubiertos de hierro, la arena menuda, i despues de sacado de ella con unas tenacitas el oro visible, se funde el *comun* de lo demas con bórax i el litarjirio como la materia anterior. Operaciones análogas se debe efectuar con las arenas *gruesas*, solamente, despues de haberlas examinado i separado las hojillas i pequeños granos de oro, se ha de moler el todo, se vuelve a lavar la masa molida para reducirla con cuidado a la menor cantidad posible i se funde el *comun* con bórax i litarjirio.

Estas operaciones aunque largas i complicadas sirven no solamente para determinar la *lei* de los *minerales de oro de aluviones*, o lo que llaman comunmente *arenas auríferas*, sino tambien

para suministrar a los beneficiadores da estas arenas datos mui útiles i necesarios para procedimiento en grande.

Es tambien indispensable examinar con cuidado el guijarro mas grueso de los mismos depósitos auríferos i partir o fracturarlos, en caso de necesidad, molerlos i someter la masa molida al lavado, etc.

Litarjirio. *Salitre.*

Oro aleado o mezclado con hierro, estaño, zinc, bronce o laton. —Estas aleaciones o mezclas provienen comunmente de los antiguos muebles u objetos de lujo dorados, i que ya no tienen uso. Se ensayan estas materias fundiéndolas con litarjirio, o con salitre, i agregando plomo, luego que esten fundidas; o bien sometiéndolas a la escorificacion con 16 partes de plomo i cierta cantidad de bórax. Cuando se emplea este último método, es preciso prolongar la operacion hasta que no quede en el plomo, ni zinc ni estaño; porque estos metales harian despues ahogar la copelacion; o bien el zinc al volatilizarse pudiera causar proyecciones.

Súlfuro de antimonio.

Se puede tambien separar el oro del zinc, del estaño, etc., por medio del súlfuro de antimonio. Se funde para esto el oro en un crisol; i luego que esté fundido, se echa por encima súlfuro de antimonio en la proporcion de 2 a 4 partes segun la cantidad mas o menos consideracle de los metales estraños que se suponen en el oro. Se hace calentar lenta i gradualmente, teniendo cuidado de no dejar caer carbon en la materia fundida, porque en este caso podria suceder efervescencia mui viva, i la materia subiria encima de los bordes del crisol. En esta operacion todos los metales, aun la plata, pasan al estado de súlfuro, miéntras el antimonio recien separado del azufre, se une con el oro. Se vierte todo en un molde cónico de hierro, se separan los súlfuros del antimoniuro de oro, i se vuelve a fundir este último con una nueva dósis de súlfuro de antimonio. Se repite esta operacion, hasta que se crea que ya no queda ningun metal estraño con el oro, menos el antimonio. Cuando la proporcion de los metales estraños es considerable, se ha de agregar en la primera operacion, a mas del súlfuro de antimonio, azufre.

Salitre.

Oro i antimonio.—Para separar despues el oro del antimonio, se emplean dos métodos. El primero consiste en calentar la aleacion con 3 partes de salitre en un crisol, el cual se cubre con otro crisol, puesto boca abajo, i en cuyo asiento se hace un agujero que se puede tapar a voluntad con un tapon de greda. Se hace calentar gradualmente, principiando por la parte superior, i se da al fin un golpe de fuego mas activo. Miéntras queda algo de salitre no descompuesto, un carbon encendido que se arrima al agujero, arde con una luz viva; i cuando este fenómeno cese de producirse, se puede aumentar el fuego, sin temer que haya proyecciones.

Calcinacion.

El segundo método consiste en calcinar esta aleacion con el contacto del aire. Se funde para esto la materia en un crisol; i cuando ya tiene calor suficiente, se dirije sobre el baño el viento de un fuelle por una tobera encorvada, con el objeto de oxidar i volatilizar el antimonio. Se principia primero por soplar len-

tamente, i despues se aumenta mas i mas el viento, i se sigue soplando miéntras se produce humo. Cuando el oro se acerca al término de su purificacion, se cubre de una película, como si se solidificase, i entónces es menester aumentar el fuego, i tapar el crisol; pero, luego despues se destapa, i se vuelve a soplar, hasta que al fin se da un golpe de fuego mui vivo, para volatilizar las últimas partículas de antimonio.—Muchas veces, para conseguir el oro mas fino posible, se vuelve a fundirlo con un carto de su peso de salitre; i entónces, si el metal es perfectamente puro, su superficie se vuelve lustrosa i absolutamente sin nube. *Purificacion.*

Estos métodos sirven mas bien para purificar las materias de oro en grande, que para ensayarlas. En efecto, si se tratase de enayar un atimoniuro de oro, lo mejor seria fundirlo con litarjirio o con salitre, o bien someterlo a la escorificacion i copelar, o bien copelarlo directamente con adicion de plomo, o sin plomo.

La galena pura o mezclada con azufre pudiera tambien, del mismo modo que el súlfuro de antimonio, separar todos los metales aleados con oro; este último quedaria en este caso, solo, aleado con plomo, del cual se separaria por la copelacion; pero, obtenido de este modo el oro, retendria todavia plata, i de ningun modo seria tan puro como el oro que se purifica mediante el súlfuro de antimonio. *Galena.*

Amalgamacion.—Todo lo que se ha dicho con respecto a la amalgamacion de la plata, se aplica a los minerales de oro. Este método se emplea con ventaja en grande, para recojer el oro nativo diseminado en una cantidad mui grande de materias térreas u otras, sobre las cuales el mercurio no ejerce ninguna accion. De este modo se benefician los metales de color de oro en Chile i en otras partes de América, como tambien toda clase de metales en Rusia i en las minas de Mancugnaga i Vinzone en el Piamonte.

§ III.—MATERIAS QUE PUEDEN INMEDIATAMENTE PASAR A LA COPELACION.

Estas materias son:

1.° Todos los metales análogos a los de plata, que pueden copelarse inmediatamente;

2.° Las aleaciones de plomo, de antimonio, de mercurio i de cobre.

Nada hai que agregar respecto de los minerales, a lo que se ha dicho, tratando de la copelacion de los minerales de plata. Solamente diremos que, siendo por lo comun los minerales mui pobres en oro, i mezclados con criaderos, casi nunca llega el caso de copelarlos directamente i siempre se ensayan por alguno de los métodos descritos en el párrafo anterior. Pocas observaciones tambien quedan que hacer con respecto a las aleaciones.

Oro i plomo.—La copelacion se hace del mismo modo que la

de las aleaciones de plata i de plomo; es todavía mas fácil, i no necesita tantas precauciones; porque el oro no es volátil, no atraviesa las copelas (1), no produce *vejetacion*, i por lo tanto, la copelacion se debe efectuar a una temperatura mas elevada que la que conviene a la copelacion de la plata: sobre todo, es preciso elevar mucho la temperatura al momento del *relámpago*, para que el oro sea perfectamente puro.

Oro i cobre.—La copelacion de las aleaciones de oro con cobre necesita mucho mas plomo que la de las aleaciones de plata con cobre; porque el cobre tiene mas afinidad con el oro que con la plata. Se admite que, para la misma lei i en las mismas circunstancias, se ha de emplear dos veces tanto plomo para copelar el oro, como para copelar la plata: así, se necesitan a lo ménos 14 partes para ensayar en los hornos ordinarios el oro de la moneda, que tiene 0,100 de cobre. Por otra parte, no hai inconveniente en emplear un poco mas plomo, porque no influye en la pérdida del oro. Sin embargo, por grande que sea la proporcion de plomo que se emplee en la copelacion del oro cobrizo, nunca el boton que se obtiene es completamente puro; i siempre retiene un poco de cobre, aun cuando se lo vuelva a copelar: es lo que se llama *recargo* (surcharge). Esta pequeña cantidad de cobre se puede despreciar en los ensayes de los minerales; pero es necesario determinarla en el ensaye de las aleaciones. Para esto se ha reconocido que, por la presencia de la plata, se consigue mas fácilmente separar el cobre del oro; como, por otra parte, rara vez sucede que una aleacion de oro i cobre no contenga al mismo tiempo un poco de plata, i como este último metal no se puede separar del otro sino por la via húmeda, por esto las aleaciones de oro i cobre se consideran como materias que no se pueden ensayar con exactitud sino por la via húmeda; i de ellas se hablará en el capitulo siguiente.

§ IV.—MATERIAS QUE NO SE PUEDEN ENSAYAR CON EXACTITUD SINO POR LA VIA HUMEDA. (2)

(A) *Aleaciones de oro, cobre i plata.*

No se puede separar el oro de la plata i de muchos otros metales que no pasan a la copelacion, sino por medio de ácido nítrico puro, el cual no ejerce accion alguna sobre el oro, i disuelve los demas metales. Pero la práctica demuestra que, para que toda la plata se separe bien del oro, es necesario que la aleacion tenga tres partes de plata por una parte de oro; porque cuando

(1) Se cita, sin embargo, en algunos tratados de ensayes, la opinion, que si bien el oro introducido en el plomo cuando éste ya se halla fundido en la copela, no se absorbe por la copela i nada se pierde de este metal en la copelacion, no sucede lo mismo cuando se introduce en la copela el oro anticipadamente fundido con el plomo, i que en tal caso se nota una pequeña perdida de oro.

(2) Todo este párrafo es traducido de la obra de Chaudet: *L'Art de l'Essayeur.*

hai mas oro, resulta que las partículas de plata estando como cubiertas por las de oro, el ácido nítrico deja sin disolverse las últimas milésimas de oro: la práctica demuestra tambien que no debe haber mas plata que la que indica la proporcion citada; porque, cuando la aleacion contiene mas de tres partes de plata por una parte de oro, las partículas de oro se hallan tan divididas, que por la accion del ácido se rompen, se reducen a polvo mui fino, son mui difíciles de juntarse, i se pierden en las manipulaciones.

La condicion principal, por consiguiente, es que la aleacion que se quiere ensayar, tenga tres partes de plata por una de oro; i si no las tiene, es menester agregar tanta plata cuanta se necesite para que los dos metales se hallen aleados en la citada proporcion. Esta operacion de agregar plata, se llama *incuartacion*; i se entiende desde luego que es de la mayor importanciar que la plata empleada para esto, sea perfectamente pura: sobre todo, no debe contener oro; i si tiene un poco de cobre, la proporcion de este último metal no debe ser considerable, porque de otro modo la plata que se añade, no alcanzaria a formar las tres cuartas partes de la aleacion, i seria necesario agregar mayor cantidad de este metal. *Incuartacion.*

Se ve, pues, por lo que se acaba de decir, que, ántes de todo, es menester *aproximar* o determinar aproximativamente la lei del oro que se quiere ensayar, porque de esto pende la cantidad de plomo i de plata que se añade al ensaye. *Aproximacion de la lei.*

La práctica ha hecho ver que las aleaciones de oro con cobre contienen tanto mas oro, cuanto mayor es el peso específico de ellas, i cuanto mas amarillas son: se advierte que el color algo verdoso que tienen algunas aleaciones, se debe a la presencia de una cantidad notable de plata. Se conoce tambien que una aleacion tiene mucho oro, cuando se lima con facilidad, cuando resiste a la accion del ácido nítrico, i cuando la accion del fuego no produce en su superficie ninguna variacion notable. Pero el mejor modo de determinar aproximativamente la lei del oro, es ensayar la aleacion en la *piedra de toque.*

Ensayes en la piedra de toque.—La piedra de toque para el oro es la misma que sirve para los ensayes de plata; pero, las *puntas* o *barritas de comparacion* (touchau) son de diversas ligas, i pueden variar segun la naturaleza de los objetos que se quiere ensayar. Las mas completas constan de tres *estrellas*, de cinco barritas cada una, i en las estremidades de éstas se hallan *lentes* de diversas leyes i de diversas aleaciones. Así, los lentes de la primera estrella se componen de aleaciones de oro con plata; los de la segunda, de aleaciones de oro con cobre; i los de la tercera de diversas aleaciones de oro, cobre i plata. Estas últimas son las que se emplean mas a menudo; se llaman *mistas*, i contienen siempre plata i cobre en iguales proporciones; i solo la de oro varía. Las barritas de las estrellas son de plata; i en ellas, cerca de cada lente, se halla escrita su lei por un lado en milésimas, i por el otro en quilates. Estas leyes son: 583 (14

quilates), 625 (15 quilates), 667 (16 quilates), 708 (17 quilates) i 750 (18 quilates): esta última es la lei autorizada por los reglamentos en Francia, para toda clase de alhajas, porque rara vez se hacen alhajas de una lei mas subida.

El primer cuidado que se ha de poner en un ensaye de oro por la operacion del toque, es determinar a qué especie de aleacion pertenece el objeto que se quiere ensayar, porque entónces se tomará por punto de comparacion la *estrella* que le corresponde. Se *tocará* despues consecutivamente con las alhajas que se someten al ensaye, la *piedra de toque*, observando el órden que se ha indicado en los ensayes de plata, i tratando de cubrir bien la piedra con cada rayita. Se mojarán en seguida estas rayitas con agua fuerte, que se prepara a propósito para el toque, como se va a indicar mas adelante, sumerjiendo en este líquido la estremidad de un tubo de vidrio lleno (es decir que no tiene hueco), i dejando caer las gotas en las partes de la piedra *tocadas*. Si la accion del ácido ha sido nula, i la raya no cambia de color, es prueba que el oro tiene 750 de lei o 18 quilates; si al contrario la raya parece cambiar de aspecto, se debe entónces hacer con la misma alhaja otra raya, i hacer al lado de ésta, otras de diversas barritas de la *estrella*, que corresponde a la naturaleza de dicha alhaja, principiando siempre por las aleaciones de lei mas subida, i pasando a las de leyes inferiores, i sometiéndolas todas a la accion del agua fuerte, como se ha dicho ántes. Se observa entónces cuál de las rayas de la *estrella* se parece mas por su color a la de la alhaja que se ensaya, i por esta similitud se juzga aproximativamente de qué lei es esta última.

Observaciones.—*Sobre los ensayes hechos mediante la piedra de toque.*—1.° Habiendo demostrado la esperiencia que este jénero de ensayes no podia dar mas que pruebas inciertas i equívocas de la calidad del oro superior a la calidad de 750 milésimas de fino (18 quilates), han dispuesto las leyes en Francia i en otras naciones que todas las obras que no pueden ensayarse sino con la piedra de toque, vayan marcadas con el punzon de la tercera lei o calidad, que es el que espresa las 750 milesimas de fino (18 quilates).

Precauciones.

2.° La operacion del toque es la que exije mas práctica de comparacion, para distinguir la lei, i mas órden en conservar la razon que debe existir entre los toques i los objetos tocados. En efecto, si el ensayador no conservase con el mayor cuidado el mismo arreglo entre las piezas tocadas que el que existe entre los toques que ha hecho en su piedra, se espondria a romper piezas buenas, i a admitir otras malas, cuyo inconveniente seria de la mayor importancia.

Preparacion del agua fuerte por el toque.

3.° Habiendo reconocido Vauquelin que el ácido nítrico puro, cualquiera que sea su grado, no tiene accion alguna sobre un oro de 15 a 16 quilates a la temperatura ordinaria, trató de aumentar la enerjía de este ácido, agregándole cierta proporcion de ácido muriático. Algunas personas habian ya reparado que con un poco de sal marina se daba mayor actividad al agua fuerte,

pudiendo entónces descubrirse la presencia del cobre en el oro de quilates superiores a aquellos en que el agua fuerte pura (ácido nítrico puro) nada indicaba de un modo perceptible. Mas como el *agua fuerte* del comercio jamas es perfectamente idéntica ni por su concentracion ni por su pureza, i por otra parte los ensayadores no le echaban la misma cantidad de sal, resultaba muchas veces un agua fuerte demasiado enérjica o demasiado floja. Vauquelin, despues de haber reconocido que, miéntras mas elevada es la lei del oro, mas ácido muriático debe tener el agua fuerte, se dedicó a hacer varios ensayes, de los cuales resultó que la mejor proporcion de ácido muriático que debe mezclarse con el agua fuerte para un oro de menos de 18 quilates, es la siguiente: 98 partes de agua fuerte pura (ácido nítrico) cuya gravedad específica es de 13,40 (37° areómetro de de Baume), i 2 partes de ácido muriático de peso de 11,73 (21°, areómetro de Baumé), i 25 partes de agua, todo exáctamente mezclado i conservado en una botella de vidrio bien tapada.

Purificacion del agua fuerte.

Para purificar el agua fuerte para el toque, es necesario disolver en ella 3 a 4 gramos de plata por kilógramo, (un adarme de plata por cada libra, poco mas o menos), separar el liquido del poso que se forma en esta operacion, i destilarlo en seguida hasta la última gota.

4.° Aunque el agua fuerte que se emplea para el toque, no ha de atacar sensiblemente un oro de 750 milésimas (18 quilates), sin embargo, cuando hai algunas dudas sobre la lei de una pieza, conviene compararla con la punta o barita aquilatada cuya lei es bien conocida; i por mas práctica que tenga el ensayador en este jénero de trabajos, jamas debe romper alhaja alguna sin haber consultado sus piezas de comparacion.

5.° Una precaucion que nunca debe omitirse, es la de *morder*, cuanto sea posible, hácia el fondo de la materia del objeto que se toca, porque muchas veces, despues que se le ha dado color, es mas fina la superficie que el interior; i aun conviene hacer dos toques sobre el mismo punto, a fin de comparar el efecto que hiciere el agua fuerte en cada uno de ellos. Otro cuidado no ménos importante es el de tocar en todas las partes de que se compone una joya, sin comprender la soldadura, cuando solo se trata del cuerpo del objeto, pues bastaria que se encontrasen allí algunos átomos de la misma, para que el toque fuese malo del todo, i se tuviese que romper la obra.

Influjo de la temperatura en la accion del agua fuerte.

6.° El agua fuerte pura (ácido nítrico puro) no debe atacar sensiblemente el oro de 750 (18 quilates); sin embargo, esta inaccion está sujeta al tiempo i a la temperatura; porque 1.° habiendo demostrado la esperiencia que el estado termométrico del aire en sus estremos influye de un modo sensible en el agua fuerte i en la piedra de toque, aumentando en un caso la accion de aquella mas de lo necesario, i anulándola enteramente en el otro, conviene muchas veces, antes de principiar el trabajo, hacer prueba del agua fuerte en las agujas o pruebas de comparacion. Si el calor ha dado demasiada actividad al agua fuerte

será necesario echarle un poco de agua: i al contrario si el frio ha disminuido sobradamente, o anonadado su accion, se restablecerá su temperatura, como igualmente la de la piedra, poniéndolas por algun tiempo en un paraje caliente o sobre una estufa, hasta que estén a 10 o 12 grados de Reaumur. 2.° Si se dejan en contacto estos cuerpos durante algunos minutos, el oro llegará a empañarse; pero comparando estos efectos del agua fuerte con los que produciria la misma en el oro de 708 o sea 17 quilates, i mejor aun en el de 16, se observará una diferencia mui notable. Entónces el toque toma casi repentinamente un color oscuro, que poco a poco se va volviendo verdoso, i casi no deja señal alguna de metal en la piedra despues de enjuta.

7.° Para *tocar* cualquier objeto, se lo frota lijeramente en la piedra, hasta formar una capa cargada de dos o tres milímetros (una línea o línea i media) de ancho i cuatro (dos líneas) de largo; se moja despues, como se ha dicho, esta capa con agua fuerte que se estiende con cuidado e igualdad sobre la señal del oro, i se observa lo que sucede por espacio de seis a ocho segundos, cuyo tiempo basta para que el agua fuerte produzca su efecto, i pueda el ensayador conocer la lei del objeto. Si el toque conserva su color amarillo i brillo metálico, es prueba que el objeto tiene los quilates que la lei manda, o que se suponen en la aleacion; pero si al contrario la señal toma un color rojo oscuro de cobre quemado, i si, enjugándose la piedra, disminuye la materia, puede estarse cierto de que el objeto es de nna lei inferior.

8.° Cuando la piedra esté cubierta de *toques*, el ensayador los borrará con polvo de piedra pómez i aceite, frotándola con un cuero pegado a un trozo de madera.

Todos estos ensayes mediante *la piedra de toque* necesitan mucha práctica; i aun con la mayor destreza del ensayador, no se puede aproximar la lei a mas de 15 milésimas de la verdadera.

Aproximada de este modo la lei, se multiplica la cantidad de *fino* (de oro) por tres, i el producto indicará cuánta plata fina se ha de agregar para la *incuartacion*. En cuanto a la cantidad de plomo que se debe agregar para que la refinacion de la pasta mediante la copelacion sea completa, se ha de consultar la tabla siguiente que el señor D'Arcet ha hecho para el laboratorio de los ensayes de las monedas en Paris.

TABLA

de las cantidades de plomo necesarias para los ensayes de oro.

LEYES DEL ORO.	Cantidades de cobre aleadas con el oro, segun las leyos que les corresponden.	Cantidades de plomo necesarias para la refinacion completa del oro.	Proporcion en que se halla en el baño la cantidad de plomo con la de cobre.
oro de 1000	0	½ gr.	0
— 900	100	10 p. o 5	100.000 a 1
— 800	200	16 o 8	80.000 a 1
— 700	300	22 o 11	73.333 a 1
— 600	400	24 o 12	60.000 a 1
— 500	500	26 o 13	52.600 a 1
— 400	600	34 o 17	56.666 a 1
— 300	700	34 o 17	48.571 a 1
— 200	800	34 o 17	42.500 a 1
— 100	900	34 o 17	37.777 a 1

Se dice en esta tabla 10 partes o 5 gramos, lo que quiere decir que, para el ensaye del oro de una lei, por ejemplo, de 900 milésimas, no se debe emplear mas que 5 gramos de plomo, porque este ensaye, como en jeneral todo ensaye de oro, se hace siempre sobre un medio gramo de materia i nunca sobre un gramo: por cuyo motivo estos ensayes necesitando mucho mas plomo que los de plata de igual lei, i a mas de esto, habiendo necesidad de agregar una cantidad mas o ménos considerable de plata, seria preciso emplear copelas mas grandes, el ensaye seria largo, se gastaria mucho ácido nítrico, i la operacion seria mas difícil.

Descripcion del procedimiento.—Habiéndose *aproximado* la lei de la aleacion que se somete al ensaye, se determina desde luego la cantidad de plomo necesaria para la copelacion i la cantidad de plata necesaria para la *incuartacion*, del modo siguiente: supóngase que la lei aproximada haya indicado 750 milésimas de oro fino por 1000 partes i 250 milésimas de cobre: se buscará en la tabla anterior que cantidad de plomo corresponde a la lei 750: i en cuanto a la *incuartacion*, se multiplicará 750 milésimas por 3; i la mitad de este producto será la cantidad de plata que se ha de agregar, i que en este caso será igual a $3. \frac{0.750}{2} = 1$ gr. 125: porque, como se ha dicho, los ensayes de oro se hacen sobre un medio gramo de aleacion. *Incuartacion.*

Se procede entónces a la copelacion; i para esto, se introduce primero en la copela el plomo; i luego que este metal esté fun- *Copelacion.*

dido, se pone en el baño un medio gramo (10 granos) de aleacion envuelto en un papel con 1 gr. 125 de plata. Se deja la operacion a sí misma, teniendo solo cuidado de mantener el horno en una temperatura un poco mayor que la que conviene a los ensayes de plata. Concluida la copelacion, se deja enfriar el boton; se lo limpia bien despues por debajo con una *brocha*, i se lo achata un poco en el yunque. En seguida es preciso *recocerlo* un poco, haciéndolo calentar lijeramente en la misma mufla, hasta que el metal se vuelva rojo; i esto, para darle la ductilidad que se le ha

El tirado. quitado con el golpe del martillo. Se hace pasar entónces el boton por el castillejo, tratando de estirar el metal progresivamente en una hoja como de 9 centímetros (3 pul. 10 lín.) de largo, i de 12 a 13 milímetros (6 lín.) de ancho: estas dimensiones varian segun la lei, i deben ser tanto mas grandes, cuanto mas fino es el oro del ensaye. Esta lámina se vuelve a *recocer* en la mufla, con mucha precaucion, teniendo cuidado de que no se fun-

El recocido. da; i se arrolla en forma de *caracol o espiral*. Es bueno *recocerla* otra vez un poco, para quemar la materia crasa que se ha podido pegar a ella, de los dedos; i luego se introduce el caracol en un matraz de largo cuello, que se llena como hasta la mitad de su

Refinacion húmeda. *panza* con ácido nítrico de 20 a 22° del areómetro de Baumé. Se coloca este matraz sobre carbon encendido cubierto de una lijera capa de ceniza, a fin de evitar que se quiebre el vaso por un ca-

Primer ácido. lor demasiado violento. Desde que el líquido entra en ebullicion hasta concluir la operacion, se necesitan 20 minutos. Esta operacion se llama refinacion húmeda (depart.); miéntras se ejecuta, se exhala un vapor rojo, efecto de la disolucion de plata con el ácido nítrico o el agua fuerte. La hoja arrollada se pone de color oscuro, i pierde de su solidez i consistencia, en razon de los espacios que dejan las partes disueltas de plata. Luego que la plata ha hervido con el oro veinte minutos, se decanta con cui-

Segundo ácido. dado la disolucion, procurando no caiga el rollo; i se echa en el matraz nueva cantidad de ácido nítrico puro de 32°, como la mitad de lo que se ha empleado en la primera operacion. Se hace hervir el ácido la segunda vez por ocho a diez minutos, para estraer las últimas porciones de plata que pudieran quedar en el oro; i se advierte que la ebullicion de este segundo ácido no se hace tan sosegadamente como la del primero: porque en la primera operacion, como hai gran cantidad de plata, los gases que se desarrollan durante su disolucion, determinan la ebullicion del licor mismo; miéntras en la segunda, no habiendo quedado mas que algunas milésimas de plata, la ebullicion se produce i se mantiene solo por el calor: se forman de repente i por intervalos grandes burbujas de vapor de ácido a la vez, i éstas se desarrollan con tanta fuerza, que a veces sale del matraz una porcion de ácido líquido, rompiendo el caracol, i haciendo saltar algunas

Precauciones. partículas de la hoja. Para evitar este inconveniente, se debe primero, quitar un poco de ácido, si hai demasiado; i en seguida, cuando se observa que el ensaye, despues de haber emitido algunas burbujas grandes, se pára de repente, o empieza a hervir sa-

cudiendo todo el licor i el matraz, se da vuelta lijeramente el matraz sobre el fuego, de manera que se ponga en contacto con el fuego la parte mas delgada del vidrio. En este caso, sucede muchas veces que la ebullicion vuelve a aparecer: porque muchas veces esta dificultad i desarreglo en la ebullicion provienen de la desigualdad del espesor del vidrio. Para remediar este inconveniente, se ha adoptado últimamente en algunos laboratorios un modo mui sencillo, que consiste en introducir en el matraz, despues de haber echado el ácido de 32°, un pedacito de carbon de leña del tamaño de la cabeza de un grueso alfiler.

Despues que ha hervido por 8 o 10 minutos este segundo ácido, se decanta como el otro; i se llena el matraz de agua destilada. Pónese entónces la boca del matraz en un pequeño crisol de recocer, se inclina lentamente el cuello, dejando caer el agua; i cuando se ve que llenándose el crisol hasta la mitad empieza a taparse la boca del matraz, se vuelve éste de arriba abajo con precaucion; i de este modo cae el rollo en el crisol por la misma agua, la cual, soportando una parte de su peso, impide que se rompa. Luego se levanta un poco el matraz, se le da vuelta con celeridad i destreza, de modo que el agua no tenga tiempo de caer en cantidad capaz de llenar el crisol, i salir por encima. Se vierte el agua del crisol, teniendo cuidado de no dejar escapar el rollito o algunas partículas, que podrian haberse separado; i se hace recocer el oro en el crisol tapado, sobre áscuas, o en la mufla del hornillo de copela. El oro que al salir del agua fuerte, tenia un color oscuro, i estaba quebradizo, disminuye de volúmen, se vuelve dúctil, i recobra su color i brillo metálico con esta operacion. Lo único que queda que hacer entónces para concluir el ensaye, es pesar el rollo para determinar la lei de la materia ensayada, por la disminucion que ha tenido.

El lavado.

El recocido.

Tal es el procedimiento que se debe poner en práctica para determinar la lei del oro aleado; pero el ensaye del oro fino exije que se hagan modificaciones, sin las cuales, cuando el oro es verdaderamente de 1000 milésimas, se obtiene casi siempre un *recargo* de 1 a 2 milésimas. En este caso, es necesario laminar el ensaye un poco ménos que en los ensayes ordinarios, es decir, dar a la hoja cuando mas 8 centímetros (3 pulg. 5 lín.) de largo; se hace despues hervir el caracol con el ácido nítrico de 22°, solo por unos 4 o 5 minutos, hasta que salga del matraz el vapor nitroso; i en seguida, se hace hervir el mismo caracol sucesivamente dos veces, por diez minutos cada vez, con dos nuevas cantidades de ácido nítrico de 32°.

Ensaye del oro fino.

Observaciones.—1.ª Si en la primera operacion no se ha agregado bastante plata para que forme las ¾ partes del peso de la aleacion copelada; si despues no se ha estirado bastante la hoja; si el segundo ácido no ha hervido convenientemente, o bien si los ácidos que se emplean, son de un grado inferior al que se ha indicado; en tal caso, queda un poco de plata en el oro, i se obtiene una lei demasiado subida. Para saber si en realidad hai algun vestijio de plata en el *caracol*, se lo disuelve en el agua

Modo de reconocer la plata en el caracol.

rejia; se agrega despues agua, i se deja la disolucion por algun tiempo en reposo: si entónces se forma, i se asienta en el fondo de la botella una sustancia blanca, insoluble, de cloruro de plata, es necesario volver a hacer el ensaye.

Precauciones. 2.ª Al arrollar el caracol, no se debe apretar demasiado la hoja, a fin de que las circunvoluciones de la espiral dejen pasar entre sí la luz, porque de otro modo haciéndolo hervir con el segundo ácido, se romperia, i daria un lijero recargo de un cuarto de milígramo.

Oro quebradizo. 3.ª Cuando se hace el ensaye de un oro casi fino o bien del oro que no contiene cobre, el boton de la copelacion se vuelve tan quebradizo, que no puede laminarse: en tal caso Chaudet aconseja volver a pasar este boton a la copelacion con 1 gramo de plomo, que contenga $2\frac{1}{2}$ por ciento de cobre, i cuya aleacion se hace derritiendo el plomo, introduciendo en el baño cobre en partículas menudas, i echando la masa fundida en un molde; o bien se puede obtener un boton maleable, haciendo pasar en el ensaye 25 milígramos de cobre con 1 gramo de plomo.

4.ª El ácido nítrico que se emplea en los ensayes de oro, debe ser destilado, perfectamente puro, sin ningun indicio de ácido muriático o de ácido sulfúrico, porque en el primer caso, se disolveria un poco de oro; i en el segundo, habria un pequeño *recargo*, que seria tanto mayor, cuanto mas ácido sulfúrico hubiese.

(B) *Ensaye de oro platoso.*

Estas aleaciones se componen de oro, plata i cobre; pero la plata, en lugar de formar las cuatro quintas partes de la masa, como sucede en los ensayes de *dorado* o de *plata aurífera*, rara vez constituye mas de una décima parte de la aleacion.

Se principia por determinar la lei de la aleacion solo con respecto al cobre que contiene; i se pasa a la copelacion un medio gramo de esta aleacion con una cantidad de plomo un poco menor que la que se necesitaria, si la aleacion no contuviese otra cosa mas que oro i cobre.

Descripcion del procedimiento.—Supongamos que la aleacion que se quiere someter al ensaye, anuncie 900 milésimas de oro unido con plata i solo 100 milésimas de cobre: a esta lei, en la citada tabla corresponden 10 partes de plomo; i por consiguiente, como el ensaye se hace sobre un medio gramo de aleacion se necesita tomar 5 gramos de plomo. En tal caso, Chaudet aconseja tomar solo 4 gramos o cuando mas $4\frac{1}{2}$ de este metal, segun la proporcion mas o ménos considerable de plata que se supone en el oro, i verificar la copelacion a una temperatura un poco mas elevada que la que conviene a los ensayes de plata, tratando siempre de concluir la operacion casi en la puerta de la mufla. *Primera copelacion.* Se toma entónces el boton, se limpia bien, se pesa; i si la proporcion de plomo ha sido conveniente, el peso del boton ha de ser de 450 milígramos. Concluida esta primera operacion, se

toma otro medio gramo de aleacion, que se ha de copelar con la misma cantidad de plomo que se ha empleado en la operacion anterior, pero agregando la cantidad de plata que se necesita para la incuartacion. Es claro que, si la aleacion no contuviese mas que oro i cobre, seria preciso agregar 2700 milígramos de plata, para *incuartar* un oro de 900 milésimas; mas, como se supone que hai en la aleacion 10 por ciento o 100 milésimas de plata, es menester rebajar la lei de oro de 100 milésimas; i entónces quedará una lei de oro de 800 milésimas; i la proporcion de plata necesaria para *incuartar* esta proporcion de oro, será de 2400 milígramos Rebajando de esto 100 milígramos de plata, que se suponen existir en la aleacion, se reduce la proporcion de plata a 2300 milígramos; i lo que corresponde a un medio gramo de aleacion, será solo 1150 milígramos. Se va a copelar, por consiguiente, 1 medio gramo de aleacion con 1 gramo 150 de plata i la misma cantidad de plomo que ántes: se saca el boton, se lo recuece, i se lo estira en una hoja de 7 a 8 centímetros de largo, i se lo vuelve a recocer otra vez: arrollada despues la hoja en forma de una espiral, se hace hervir sucesivamente, primero con el ácido nítrico de 22° por veinte minutos, i en seguida con el de 32° por 10 minutos: se lava, se recuece, i se pesa como en el caso anterior. Si entónces el caracol o el oro puro pesa 0gr.4, lo que corresponde a 400 milésimas, la lei de la aleacion ha de ser 800 milésimas en oro; i la lei en plata, será 100 milésimas, atendiendo a que la lei del primer boton, unido el oro con la plata, era de 900 milésimas.

Segunda copelacion.

Refinacion húmeda.

Observaciones.—1.ª Se ha observado que, si se copela la aleacion con plomo, antes de agregar la plata de la incuartacion, se pierde 1, 2 i aún 3 milésimas de oro: de modo que es de toda necesidad agregar desde luego la plata de la incuartacion, i restarla despues del peso del boton.

2.ª Chaudet aconseja hacer esta clase de ensayes en dos copelaciones distintas (una de las cuales tiene por objeto el determinar la cantidad del oro unido a la plata; i la otra, la del oro solo) para evitar la necesidad de emplear la plata perfectamente fina de 1000 milésimas, i las pérdidas de este metal, que comunmente son mas considerables miéntras mas plata hai en el baño.

3.ª Se entiende que en estos ensayes, del mismo modo que los anteriores, importa mucho el no excederse en la proporcion de la plata necesaria para la incuartacion exacta de la aleacion; i a mas de esto, se ha de moderar la temperatura en la copelacion, para evitar pérdidas de plata.

(C) *Ensaye de las barras de dorado o de plata aurífera.*

Se llaman *ensayes de plata aurífera* los de las aleaciones en que la plata predomina de tal modo, que el oro forma cuando mas la quinta parte de su peso, i las mas veces se halla en una proporcion mui pequeña; porque se ensayan mui a menudo bar-

ras de plata, que no tienen mas que una media milésima de oro, i se someten a la *refinacion* en grande, es decir, a la operacion del *apartado*, para separar i estraer este oro de la plata. La práctica ha demostrado que esta pequeña porcion de oro es capaz de compensar los gastos del beneficio.

El método que se observa en el ensaye de estas aleaciones, es tambien fundado en la propiedad que tiene el ácido nítrico de disolver la plata sin atacar el oro: se ve aun que la separacion se verificaria inmediatamente por medio de este ácido, si no hubiese en las aleaciones otra cosa mas que oro i plata. Pero, habiendo casi siempre con estos metales una cierta cantidad de cobre, es indispensable someter ántes las aleaciones a la copelacion, a fin de quitarles el cobre mediante el plomo.

Las barras de *plata aurífera* son siempre blancas, escepto cuando son de una lei mui baja, i contienen mucho cobre; porque entónces tienen un color rojizo. Por esta razon, es necesario empezar por lo que se llama *aproximacion* de la lei; i se copela 1 decígramo (2 granos) de pasta con un gramo de plomo; de esto se saca cuanto plomo se ha de agregar al ensaye, teniendo presente que, por igual lei, es necesario emplear un poco mas plomo para los ensayes de plata aurífera que para los de plata sin oro, porque la misma cantidad de cobre aleada con oro, necesita mas plomo para oxidarse i absorberse por la copela, que cuando se halla aleada con plata.

Descripcion del procedimiento.—Supongamos que la aleacion haya indicado en un ensaye aproximativo, una lei de 800 milésimas: la proporcion de plomo que corresponde en la tabla a esta lei para los ensayes de plata, siendo de 10 partes, i los de plata aurífera exijiendo, como se acaba de decir, un poco mas plomo, tomaremos 11 a 12 partes de este metal, segun la cantidad de oro que se supone en la barra. Los ensayes de esta clase se hacen sobre un gramo, o bien sobre un medio gramo; en el primer caso, se pesará 1 gramo de plata aurífera con 11 a 12 gramos de plomo, en el segundo, 0 gramos 5 de plata con 6 gramos de plomo.

Verificada la copelacion i enfriado el boton del ensaye, se limpia bien este boton con la brocha i se pesa: en seguida se achata un poco sobre el yunque con el martillo, i se introduce en un matraz ordinario, el cual se llena hasta la cuarta parte de su panza con el ácido nítrico de 22°: en el caso en que la aleacion fuese mui rica en oro, seria preciso hacerla pasar primeramente por el castillejo. Se hace hervir este ácido lijeramente, hasta que no quede otra cosa mas que polvo en el fondo del líquido; se deja reposar entónces por algun tiempo, para que se reunan allí las partes de oro; se decanta luego el líquido claro con mucha precaucion; se reemplaza con una nueva dósis de ácido de 32° i se la hace hervir aun por 8 a 10 minutos. Se vuelve a decantar este otro ácido como la primera vez; se llena el matraz de agua pura, i se vuelca en un pequeño crisol de recocer, tomando las mismas precauciones que en un ensaye de oro ordi-

nario. Luego que hayan caido en el crisol todas las partículas de oro, lo que se logra golpeando suavemente en el matraz, se levanta i se inclina un poco el matraz, hasta que el borde superior de su orificio toque la superficie del agua i se da vuelta al matraz con mucho cuidado, a fin de no mover demasiado el agua que indudablemente sacaria consigo el oro del crisol.

Se deja igualmente reposar el oro en el fondo del crisol i aun se menea lijeramente el crisol para facilitar la precipitacion del oro, separándolo de las paredes, cuyas asperezas lo detienen: entónces se decanta el agua poco a poco i se hace recocer el metal, como ya se ha dicho ántes.

Por la cantidad de oro que se obtiene, se puede conocer la de la plata, porque sabiendo ántes la de ámbos metales, basta sustraerla de la suma total del boton.

(D) *Ensaye del oro que contiene una pequeña cantidad de platina.*

Las aleaciones de oro i platina siempre tienen cobre; i por esto es necesaaio tambien principiar por la operacion de *aproximar* la lei, como en los ensayes ordinarios de oro. En caso que no se pudiese determinar esta lei aproximativamente por los caractéres esteriores i propiedades físicas del oro, seria preciso hacer un ensaye preliminar sobre un decígramo (2 granos de pasta) observando el mismo método que se prescribe para los ensayes defintivos.

Descripcion del procedimiento.—Se pesa un medio gramo (10 granos) de la aleacion que se supone compuesta de 800 milésimas de oro, 100 de platina i 100 de cobre; se copela esto con 8 gramos de plomo, al mayor grado de temperatura que se pueda producir en la mufla, i se apunta el peso del boton que ha de contener todo el oro i toda la platina del ensaye.

Concluida esta primera operacion, se copela otro medio gramo de la misma aleacion, siempre a una alta temperatura con 8 gramos de plomo i 1 gramo 200 de plata que se agrega para la incuartacion del ensaye. El ensaye en este caso presenta siempre los mismos caractéres que cualquier ensaye ordinario de oro; pero por el aspecto frio del boton, ya se conoce que en él hai platina; la superficie es lustrosa en algunas partes i empañada en otras. Sacado este boton de la copela, limpiado con una brocha i aplanado, se recuece i se estira en una hoja de 7 a 8 centímetros (36 a 40 líneas) de largo; se vuelve a recocer, se arrolla en un *caracol* i se hace hervir con una cantidad suficiente de ácido nítrico de 22° de Baumé. Luego que ha salido el vapor de ácido nitroso, se decanta el licor, el cual por lo comun tiene un color amarillo pálido de paja; i se vuelve a echar una nueva cantidad de ácido nítrico de 32° de Baumé. Despues de haberlo hecho hervir por espacio de unos 10 minutos, se decanta el licor, se lava el caracol con agua destilada, i se lo pasa a un crisolito, se recuece i se pesa: su peso es por lo comun algo mayor

que el verdadero, por causa de que en el oro se halla retenida una pequeña porcion de platina; i de esto resulta un pequeño recargo, que a veces no pasa de 5 milésimas, i es mui variable. Este caracol se vuelve otra vez a alear con 1 gramo 200 de plata fina; i repitiendo todas las operaciones como ántes, es decir, la copelacion i la refinacion en los dos ácidos, se obtiene otro *caracol* mas puro, el cual da las mas veces la verdadera lei de la barra, sobre todo, cuando la proporcion de platina no pasa de 100 milésimas. Sin embargo, no se debe considerar esta operacion como concluida, sin volver a repetir las mismas operaciones, hasta que se obtengan dos resultados sucesivos absolutamente iguales.

En el caso en que la cantidad de platina fuese tan pequeña, que ni el boton del ensaye cambiase de aspecto, ni el primer ácido fuese sensiblemente amarillo, entónces seria preciso recojer los dos ácidos, evaporar todo hasta sequedad, i fundir el resíduo en un pequeño crisol con vidrio de bórax molido. Fundida la mezcla, se deja enfriar el crisol; despues se lo quiebra, i se saca el boton, que es una aleacion de plata con platina, i el cual, haciéndolo hervir con ácido sulfúrico concentrado, se disuelve dejando un pequeño resíduo de platina en forma de un polvo gris.

Este método inventado por D'Arcet, es mui bueno para indicar las mas pequeñas cantidades de platina.

(E) *Ensaye del oro aleado con plata i platina.*

Esta clase de aleaciones contiene siempre un poco de cobre; i por esto es tambien indispensable *aproximar* su lei ántes de verificar otras operaciones. Para determinar aproximativamente la lei, es necesario pasar a la copelacion, a una temperatura mui elevada, un medio gramo de pasta con 2 gramos de plomo; i conocida por el peso del boton que se obtiene, la cantidad de cobre, se busca en la tabla qué cantidad de plomo se necesita para la copelacion; teniendo presente que, por causa de la platina, se ha de emplear mas plomo que el que se toma para los ensayes ordinarios de plata o de oro de igual lei.

Descripcion del procedimiento.—Se toma un medio gramo de aleacion, i se pasa a la copelacion en el fondo de la mufla, con la cantidad de plomo que corresponde a la lei aproximativa de esta aleacion, agregando 1 a 2 gramos de plomo mas de lo que se emplea para las aleaciones de oro de igual lei. Se pesa el boton, i agregándole una cantidad de plata tal, que este metal se halle en proporcion de 2½ partes por 1 de oro unido con platina, se vuelve a copelar todo con un gramo de plomo. Este segundo boton, comunmente mas dócil que el anterior, se aplana, se recuece, se estira convenientemente, se arrolla, i despues se hace hervir dos veces sucesivamente con ácido sulfúrico de 66°, cada vez por 10 minutos. Se lava el caracol primero con ácisulfúrico i despues con agua destilada; se pasa en seguida a un

crisol, se recuece i se pesa; por la diferencia del peso de este caracol i el del primer boton, se sabe la cantidad de plata. Se agrega entónces a este caracol tres veces su peso de plata, se pasa todo a la copelacion mediante un gramo de plomo; i se procede despues como en el caso de un ensaye ordinario de oro, repitiendo esta última operacion varias veces, hasta que se obtenga el mismo resultado dos veces consecutivamente. Estas últimas operaciones son de las misma naturaleza que las que se prescriben para la plata que contienen unas pocas cantidades de oro i de platina, i las que se van a detallar en el artículo siguiente.

De este modo, por ejemplo, se determina la lei de una aleacion compuesta de 700 milésimas de oro, 100 milésimas de platina, 100 milésimas de plata i 100 milésimas de cobre, copelando esta aleacion con 8 gramos de plomo, incuartando despues el boton con 1900 de plata, estirándolo en una hoja de 5 centímetros, haciendo hervir el caracol dos veces con ácido sulfúrico, cada vez por espacio de 10 minutos, i volviendo a tratar este caracol como un ensaye de oro ordinario.

Como el ácido sulfúrico disuelve siempre en estas operaciones algunas milésimas de platina, resulta de allí que no se puede determinar la proporcion de este metal con toda la exactitud que se desea.

(E) *Ensaye de la plata aleada con oro i platina.*

En los ensayes de estas aleaciones se principia por el metal mas abundante, como es la plata, i se pasa sucesivamente al oro, a la platina i al cobre: a veces se observa un órden inverso en cuanto a los dos últimos metales.

Puede suceder que la platina se halle en estas aleaciones en tan pequeña cantidad, que no se pueda aplicar a los ensayes de esta clase el mismo método que se ha prescrito para los ensayes de *plata aurífera*, porque en este caso seria posible que el ácido nítrico disolviese al mismo tiempo algunas milésimas de de platina: puede tambien suceder que, habiendo mucha platina, este metal se halle retenido por el oro, i haga subir demasiado su lei.

No pudiendo prever el caso, se supone que la aleacion se halla ligada con una cantidad de platina superior a la que se puede disolver en el ácido nítrico por el influjo de la plata; i se hacen los ensayes por el método que se va a describir. Pero, ántes de entrar en la materia, conviene indicar algunos caractéres, que sirven para reconocer estas aleaciones, sobre todo, para indagar en ellas la presencia de la platina.

Siendo la aleacion algo gris, dura i de un peso específico considerable, es verosímil que contenga platina, i aun en gran cantidad. Si, pasando a la copelacion un medio gramo de esta aleacion a la temperatura ordinaria de los ensayes de plata, se obtiene un boton gris, negruzco, sin lustre, quebradizo; i si este boton ligado con dos veces su peso de plata, estirado despues

en una hoja, i hervido con ácido nítrico de 22°, da a este ácido un color amarillo de paja; i si despues de 15 a 20 minutos de ebullicion, recocido el oro conserva un color gris, o bien se distinguen mediante un lente puntitos de este color, no queda la menor duda de que en la citada aleacion hai platina.

Sin embargo, en caso que este metal, hallándose en cantidad mui pequeña, no presentara ninguno de estos caractéres, seria preciso disolver con ayuda del calor un poco de aleacion en una cantidad, la mas pequeña posible, de agua réjia: se decanta despues el licor, se reconcentra mediante la evaporacion en una pequeña tacita de porcelana, i se vierte en él una disolucion concentrada de cloruro de amoniaco. En este caso, habiendo platina se formará un precipitado amarillo anaranjado de cloruro amoniacal de platina; i como este precipitado tarda a veces por algunas horas en aparecer, es preciso esperar; i en todo caso es necesario operar sobre disoluciones mui claras i en una copa de vidrio bien trasparente.

Descripcion del procedimiento.—Despues de haber reconocido la presencia de la platina en una aleacion, i despues de haber hecho un ensaye, aproximativo aunque de un *modo tosco*, se toma un medio gramo de la aleacion, i se copela, a una temperatura elevada, en el fondo de la mufla con 8, 14 o 30 partes de plomo, segun que la aleacion se aproxime a una de las tres aleaciones siguientes:

	1.ª aleacion.	2.ª aleacion.	3.ª aleacion.
cobre	0,550	0,200	0,100
oro	0,100	0,020	0,005
platina	0,100	0,200	0,300
plata	0,250	0,580	0,595
	1,000	1,000	1,000

Se advierte que la proporcion de plomo aumenta en estos ensayes por causa de la platina, i de ningun modo se halla en relacion con la cantidad de cobre; i que, a mas de esto, no se obtiene aun de este modo la verdadera lei de algunas aleaciones, si no se vuelve a copelar el primer boton con 1 a 2 gramos de plomo a la mas alta temperatura posible. Concluida la copelacion, se pesa el boton, i por su peso se sabe cuánto cobre ha habido en un medio gramo de aleacion. En caso que la plata contenida en este boton fuese en cantidad mas de dos veces mayor que la de oro i platina, lo que se sabe por el ensaye preliminar, seria preciso agregar oro fino en proporcion necesaria para que hubiese dos partes de plata por una parte de oro unido con platina. A este propósito Chaudet añade que, ya que en la refinacion por el ácido sulfúrico hai siempre pérdida de algunas milésimas de platina, seria talvez mejor, para evitar esta pérdida, no

tener en la aleacion del ensaye mas que $1\frac{1}{2}$ partes de plata por una parte de oro i platina.

Despues de haber agregado al boton la cantidad necesaria de oro, se vuelve a copelar el todo, a una alta temperatura, con un gramo de plomo; i este segundo boton se aplana con mucha precaucion, haciéndolo recocer varias veces, si es ágrio, i teniendo cuidado de no calentarlo demasiado. Se estira despues en una hoja como de $1\frac{1}{2}$ centímetros (7 a 8 lín.), sea por medio del castillejo, sea en un yunque. en caso que por su poca maleabilidad no pudiese pasar por el castillejo. Esta hoja, otra vez recocida i arrollada se hace hervir con ácido sulfúrico de 60° de Baumé por 12 minutos; i despues de haber decantado este primer ácido, se vuelve a echar otro de igual grado de concentracion, i se hace hervir todavía por unos 7 a 8 minutos. Se advierte que no se deben decantar los licores sino despues de haberlos enfriado; i no se deja al cuello del matraz mas que 18 centímetros (7 a 8 pulg.) de largo; porque de otro modo se rompen los matraces.

Lavado primero con ácido sulfúrico i despues con agua destilada el caracol, indica por la pérdida de su peso la cantidad de plata; i entónces no queda otra cosa mas que separar la platina del oro.

Se toma entónces otro medio gramo de la aleacion sometida al ensaye, i se lo hace pasar a la copelacion con la cantidad de plomo necesaria: el boton que se obtiene, sirve primero para verificar la exactitud de la operacion anterior, i despues para determinar la cantidad de oro mediante las operaciones siguientes. Se agregan a este boton 450 miligramos (900 milésimas de las pesas de oro) de oro perfectamente fino, i 1350 miligramos de plata, quitando de esto la cantidad de oro i la de plata que se suponen existir en el boton. Se verifica la aleacion de estos metales, copelándolos con un gramo de plomo a una temperatura elevada; i se estira el boton en una hoja como de 11 centímetros (4 a 5 pulg.) de largo. Arrollada la hoja, se pasa a un matraz, se vierte ácido nítrico de 20° Baumé, i se hace hervir por unos 15 a 20 minutos: se decanta el licor, se lava el oro, se seca, i se recuece; quitando del peso de este oro el del oro que se ha agregado, se sabrá la cantidad de oro contenido en la aleacion que se ensaya, ménos algunos miligramos de platina, que no se han podido disolver en esta primera operacion. Se vuelve entónces a alear este caracol con tres veces su peso de plata fina; se pasa esto a la copelacion con un gramo de plomo, teniendo cuidado de menear el ensaye al momento de concluirse, a fin de hacerlo solidificarse luego que salgan las últimas partes de plomo; i se somete este segundo caracol a la refinacion húmeda por el ácido nítrico de 20° como ántes. Se repiten estas operaciones, es decir, la *incuartacion* i despues la refinacion por el ácido nítrico, tres veces; i se hace hervir el tercer caracol, primero con el ácido nítrico de 22° como ántes, i despues con ácido nítrico de 32° por unos 8 a 10 minutos, i entónces se tiene la aleacion por concluida si la proporcion de la platina en la alea-

cion no pasa de $\frac{1}{5}$ de aleacion ensayada. En fin, para asegurarse de la exactitud del último resultado, se puede todavia someter este tercer caracol a una cuarta operacion enteramente parecida a las anteriores.

En caso de que la proporcion de la platina llegase a formar $\frac{1}{3}$ de la aleacion, seria preciso agregar al caracol, despues de la segunda o de la tercera operacion, 50 miligramos de platina pura, hacer hervir el caracol solo con un ácido, volver a echar despues otro ácido como en los ensayes ordinarios de oro, i repetir la refinacion húmeda, hasta que el caracol deje de disminuir de peso.

Observaciones.—1.ª No se pueden determinar con exactitud las proporciones de plomo que se deben emplear en la copelacion de estas aleaciones, por causa de la composicion mui variable de ellas: por esto, no se puede determinar en este caso con exactitud la proporcion de la plata.

2.ª Para adquirir cierta destreza en esta clase de ensayes, es indispensable que el ensayador empiece por hacer algunas *síntesis*, es decir, por formar aleaciones artificiales en proporciones fijas i de metales perfectamente puros, a fin de estudiar sus caractéres i el grado de calor que les conviene.

3.ª Se obtiene para todos los ensayes de oro i plata el oro perfectamente puro, haciendo precipitar el oro de sus disoluciones en el agua réjia, por el sulfato del protóxido de hierro o por el ácido oxálico. Se prepara tambien la plata fina precipitando la plata de su disolucion en el ácido nítrico por una disolucion de sal marina, i fundiendo el precipitado con carbonato de sosa.

(F). *Oro con paladio.*

Repetidos ensayes de aleaciones de oro, cobre i paladio prueban las observaciones siguientes:

1.ª Un ensaye de oro de 800 milesimas puede contener 5 milésimas de paladio sin presentar algun fenómeno particular en las copelaciones.

2.ª Cuando la proporcion de paladio llega a 10 milésimas, su presencia se señala por el aspecto esterior del boton, el cual presenta en su superficie algunas partes empañadas, sin lustre, i otras lustrosas; cuando llega a 20 milésimas, el boton pierde enteramente su lustre.

3.ª Habiéndo 100 milésimas de paladio, el ensaye se vuelve lustroso.

4.ª Puede haber hasta 100 milésimas de paladio sin que el ensaye pierda su maleabilidad.

5.ª Basta que haya 1/1000 de paladio en un ensaye para que el primer ácido de la refinacion tome un color amarillo.

6.ª Puede haber hasta 150 milésimas i mas de este metal sin que resulte un *recargo* para el oro.

7.ª Todo el paladio contenido en un ensaye de 800 milésimas, se disuelve en el primer ácido, i el segundo sale enteramente sin color.

8.ª El paladio, que es un metal poco soluble en el ácido nítrico de 22°, adquiere la propiedad de disolverse con mucha facilidad en este ácido, mediante la plata que se le agrega para la incuartacion: en igual caso es tambien soluble la platina, pero no tanto como el paladio.

9.ª En fin, este ácido toma un color mucho mas intenso por el paladio que por la platina.

(G). *Oro que proviene de los minerales auríferos o platosos.*

El boton que proviene de la copelacion en los ensayes de minerales auríferos, contiene comunmente plata. Cuando la proporcion de este metal es mayor que la que exije la *incuartacion*, se aplana el pequeño boton, i se hace hervir con el ácido nítrico puro: el oro queda en estado de polvo que se recoje en un crisol, se recuece, i se pesa, o bien se envuelve en una hoja de plomo, i se copela. Pero en caso que la cantidad de este polvo fuese estremadamente pequeña e imponderable, entónces, para asegurarse de que este pequeño residuo insoluble en el ácido nítrico contiene oro, se trataria de disolverlo en el agua réjia, se reconcentraria el licor en una pequeña tacita de porcelana para hacer salir el ácido nítrico, i se agregaria una gota o un pequeño cristalito de protocloruro de estaño: si hai oro, el licor que ántes tenia un color amarillo, da un precipitado violáceo o bien casi negro de *púrpura de Casio*, por el cual se pueden reconocer los indicios mas pequeños de oro. Cuando en un boton predomina el oro, entónces es necesario volver a fundirlo con tres veces su peso de plata fina o bien volver a hacer el ensaye con adicion de la misma proporcion de plata.

§ V.—ANÁLISIS DEL ORO NATIVO POR EL ÁCIDO OXÁLICO.

Se debe reducir el oro en hojas delgadas, se toma un cierto peso, por ejemplo, 2 gramos (40 granos) de estas hojas; se introducen en un matraz o en una cápsula, i se vierte agua rejia, teniendo cuidado de ayudar la accion de los ácidos por medio del calor. La mayor parte de la plata se trasforma inmediatamente en cloruro, que conserva casi siempre la misma forma que tenia el oro; se decanta el licor, se disgregan las partículas del cloruro por medio de un tubo de vidrio, i se echa otra nueva cantidad de agua rejia. Si la aleaccion contiene mas de 20 por ciento de plata, el cloruro formado tiene tanta cohesion, que no se deja disgregar por el tubo; i en este caso, se ha de temer que no se haya atacado bien el oro; por consiguiente, este método no sirve sino para las aleaciones que contienen ménos de 20 por ciento de plata.

Despues de haber calentado por algun tiempo el residuo con

esta nueva cantidad de agua rejia, se agrega el agua a las disoluciones ácidas. La primera por lo comun no se enturbia sino mui poco, miéntras que en la segunda se asienta una cantidad notable de cloruro de plata; i por esto se dejan las dos disoluciones por algun tiempo en reposo. Se recoje despues todo el cloruro de plata en un filtro, se lava, se seca; i despues de haberlo fundido en una tacita de porcelana de un peso conocido a la llama de una lámpara de alcohol, se pesa.

Se evaporan las disoluciones con sus aguas de lavado en una cápsula de porcelana hasta sequedad; en seguida se echa agua, se hace pasar todo a un matraz, i se agrega una disolucion de ácido oxálico. En este estado se deja el matraz en una estufa caliente o baño de arena por 24 horas; i cuando el precipitado se ha juntado en el fondo, i el licor queda sin color, i no despide burbujas de gas, al añadir nueva cantidad de ácido oxálico, no hai duda de que la operacion está concluida.

Se filtra el licor; i recojido el oro en el filtro, se seca, se recuece en un crisol de porcelana, i se pesa. En cuanto al licor, se lo evapora hasta sequedad, se vuelve a disolver el resíduo en el ácido hidroclórico; i se precipita sucesivamente el cobre por el hidrójeno sulfurado, i el hierro por el hidrosulfato. Como la cantidad de estos dos metales es por lo comun mui pequeña, i no pasa de tres o cuatro milésimas, basta calcinar esos precipitados, primero con el contacto del aire, a una temperatura mui baja, i al fin, a la temperatura de calor mas intenso para obtener estos metales en estado de óxidos. Por el peso del óxido de cada uno, se sabe el del cobre i del hierro: por el peso del cloruro de plata se determina el de la plata; i en cuanto al oro, se obtiene en estado de una esponja mui liviana de metal perfectamente puro.

CAPITULO X.

Mercurio.

SECCION PRIMERA.

Propiedades mas importantes del mercurio.

Este metal liquido a la temperatura ordinaria, se conjela a la de 33° 44' debajo de cero, i entra en ebullicion a la de 360°; puede volatilizarse en cantidad considerable con el vapor de agua. Si se tritura por mucho tiempo en contacto del aire, se convierte, aun a la temperatura ordinaria, en una sustancia negra que algunos químicos consideran como subóxido i otros como mercurio subdividido. Calentándolo con el contacto del aire a la temperatura de 350° se convierte en óxido rojo. No descompone

el agua a ninguna temperatura. El ácido nítrico débil disuelve el mercurio a la temperatura ordinaria; el metal en tal caso pasa al menor grado de oxidacion; pero si se calienta el ácido, entónces cualquiera que sea su grado de concentracion, pasará el metal al mayor grado de oxidacion; esceptuando el caso de hallarse el mercurio con exceso. El ácido sulfúrico ataca el mercurio mediante el calor trasformándolo en subóxido o en óxido segun el grado de calor i la proporcion relativa de ácido i de metal. El ácido clorhídrico no ejerce accion alguna sobre el metal; i tampoco obran sobre él los ácidos orgánicos: sin embargo si se tritura con ellos el metal con el contacto del aire, se efectúa la oxidacion del mercurio i su combinacion con los ácidos.

Si se tritura el mercurio con azufre a la temperatura ordinaria se forma súlfuro negro i algo de hidrójeno sulfurado. El mercurio descompone el hidrójeno sulfurado i absorbe el cloro, aun a la temperatura ordinaria. El percloruro de hierro i el protocloruro de cobre CuCl en disolucion atacan el mercurio i la hacen pasar al estado de subcloruro, transformándose tambien en subcloruros.

En cuanto a la accion del mercurio sobre los demas cuerpos i metales véase páj. 206 i 211.

Los óxidos de mercurio se reducen completamente por el calor rojo, i tambien por el hidrójeno sulfurado, el carbono, el azufre, el cloro, etc. El *subóxido* Hg^2O es negro, se descompone espontáneamente en mercurio i en protóxido, aun en oscuridad. Calentándolo con el contacto del aire pasa tambien al estado de óxido. Se produce descomponiendo el subcloruro o el nitrato de subóxido por la potasa cáustica. El óxido HgO es el de color anaranjado o rojo oscuro segun el grado de division de sus partículas. Es algo soluble en el agua: la luz lo hace pasar al estado metálico, el azufre lo reduce con detonacion; el cloro líquido lo transforma en oxicloruro, cloruro i clorato. Es insoluble en los álcalis fijos; se combina con el amoniaco; su hidrato es amarillo. Se produce por la calcinacion del nitrato

Las sales son reductibles por los mas metales, i por el arsénico etc.: se descomponen o se volatilizan por el fuego. El protocloruro de estaño precipita tambien el mercurio de sus disoluciones al estado metalico; i el hidrójeno sulfurado forma en ellas un precipitado que toma primero un color blanco, debido a una parte de la sal misma que precipita con el súlfuro de mercurio, i luego despues se transforma este precipitado en un otro perfectamente negro que es súlfuro puro. Hai sales de subóxido i otras de óxido; aquellas forman con los álcalis cáusticos precipitados negros, i éstos precipitados rojos o amarillos.

El *súlfuro* de mercurio, *cinabrio* HgS se volatiliza a una temperatura poco elevada sin pasar por el estado líquido. Calentándolo con el contacto del aire se descompone i se inflama con produccion de ácido sulfuroso i de mercurio. Se reduce por el hidrójeno, el carbon, el hierro, el cobre, el antimonio, el estaño, el zinc, el plomo. Es inatacable por los hidrácidos, i apenas ata-

cable por el ácido nítrico. Es tambien reductible por las tierras alcalinas en presencia del carbon. El litarjirio empleado en la proporcion de 10 veces su peso lo descompone completamente. Es insoluble en los súlfuros alcalinos; pero se combina directamente con el cloruro, bromuro, ioduro i nitrato de mercurio.

Los *cloruros* de mercurio son blancos, no se descomponen por el carbon ni por el litarjirio; pero sí por el azufre, el fósforo, el arsénico i por un gran número de metales i de súlfuros.

El *subcloruro*, calomelano, Hg^2Cl es menos volátil que el cloruro: necesita 1200 partes de agua en ebullicion para disolverse. Es tampoco soluble en el ácido clorhídrico frio, pero si se calienta, pasa una parte de subcloruro al estado de cloruro i precipita el metal. El ácido nítrico lo trasforma en nitrato i cloruro mediante el calor. El cloro lo hace pasar tambien al estado de cloruro. *El cloruro* (sublimado corrosivo) HgCl es tambien blanco; tiene reaccion ácida; es mui venenoso; soluble en 20 partes de agua fria i en 3 partes de agua en ebullicion: cristaliza por enfriamiento. Soluble en el alcohol; mucho mas volátil que el anterior. Triturándolo con el mercurio pasa al estado de subcloruro. Se descompone a la temperatura ordinaria por el hierro, el zinc, el cobre, mediante la humedad atmosférica. Los álcalis fijos, empleados en cantidad insuficinte para descmponerlo completamente forman, en su disolucion un precipitado negro o de color de ladrillo que es un oxicloruro. Absorbe el amoniaco formando un amoniocloruro.

SECCION SEGUNDA.

Minerales i productos de las artes.

§ I.—ESPECIES MINERALES.

Las especies de minerales que contienen mercurio, son las siguientes:

1.° El mercurio metálico,
2.° súlfuro simple o cinabrio,
3.° El cobre gris mercurial (véase cobre),
4.° Los súlfuros dobles de mercurio i de zinc,
5.° El seleniuro,
6.° El protocloruro,
7.° El ioduro,
8.° Las amalgamas nativas (véase plata).

1.° *Mercurio nativo.*—En globulitos, diseminado, i en el interior de ampollas o vejiguillas de la roca, de las piritas o del cinabrio. Es líquido, de color blanco de estaño, parte especial 13,581. Es casi siempre perfectamente puro; se halla en Idria (en Carniola) en una capa de esquita arcillosa intercalada entre las de una piedra caliza compacta; tambien se encuentra en las

minas de Almaden (en España), en el Palatinado, en Huancavelica en el Perú, i casualmente en las de Chile.

2.° *Cinabrio.*—Se halla en masas, en pegaduras, dendrítico i cristalizado. Su forma primitiva es un romboedro agudo de 71°48' el que, creciendo los truncamientos en los vértices, pasa a tablas con caras lisas i lustrosas. Su color es rojo de cochinilla, que pasa a gris de plomo i a rojo carmin, por dentro lustroso; el de color claro, es de lustre de diamante, i el oscuro, de lustre semimetálico; estructura hojosa, mas o ménos perfecta i plana, de cuádruplo crucero, uno paralelo al truncamiento en los vértices, i los otros tres paralelos a las caras del romboedro. A veces es compacto con una fractura desigual o concoidea plana. Es opaco o trasluciente en los bordes; los cristales son a veces semitrasparentes. Raspadura roja de escarlata i mas lustrosa; es blando, quebradizo. Peso específico 8,098. Al soplete, se sublima en el matracito: el sublimado es negro, pero la raspadura roja; en el tubo abierto da mercurio i cinabrio sublimado. Consta de

Mercurio	0,8629
Azufre	0,1371

Es casi la única especie que constituye los verdaderos minerales que se benefician en grande por mercurio. Se halla en Tasco, Durazno, San Juan de la Chica, etc. en Méjico; en las minas Huancavelica i de Chonta en el Perú; en las de Punitaqui, de Andacollo, de Petorca, de Illapel, etc. en Chile; las minas mas considerables del antiguo continente son las del Almaden, de Idria i del Palatinado, i las del nuevo Almaden, cerca de San José en California.

Del Rio pone como variedad de esta especie, el *cinabrio subido*, que es de color rojo de escarlata, de estructura terrosa o fibrosa mui fina, sin lustre; tizna algo. Es el que tiñe las areniscas de Casas Viejas, Rincon, etc. en Méjico.

Otra variedad de la misma especie es el *cinabrio hepático*: jeneralmente en masas, de color rojo de cochinilla, oscuro i gris de plomo, lustre semimetálico. Estructura compacta, fractura igual que pasa a desigual; raspadura mas roja i mas lustrosa. En el matracito deja una masa negra, que es carbon. Consta segun Debereyner, de

Azogue	0.8372
Cloruro de azufre	0,1628

3.° *Cobre gris Mercurial.*—Klaproth analizó un cobre gris mercurial que contenia mas de 6 por ciento de mercurio i 0,195 de antimonio; Poratsch en 1852 dió a conocer la composicion de 5 variedades del mismo mineral que provenian de Schmölnitz en Hungría i en las cuales la proporcion de mercurio es mui variable. Las mas ricas de estas últimas constan segun Poratsch de

Cobre	30.58	32.80
Mercurio	16.69	5.57
Hierro	1.46	5.85
Plata	0.09	0.07
Antimonio	25.48	30.18
Azufre	24.37	24.89
	98.67	99.36

Esta especie mineral se halla en todas las minas de mercurio i en algunas de cobre en Chile; pero siempre en pequeña cantidad, acompañada unas veces, por el carbonato azul de cobre, otras veces por una *sustancia terrosa de color rojo subido*, que por lo comun se toma por cinabrio terroso i de cuya composicion luego trataremos. Es tambien mui comun hallar esta última asociada a un tiempo con las dos primeras, formando un mineral mui heterojéneo de tres colores:—rojo, azul i gris metálico, con un criadero ferrujinoso i cuarzoso.

El cobre gris mercurial tiene todos los caractéres esteriores de cualquier cobre gris i su color la mas veces es de color gris de hierro oscuro. Nunca se ha hallado cristalizado. En el tubo abierto produce mucho humo antimonial, mercurio i olor de azufre quemado; en el matracito, aun sin agregar cosa alguna, se sublima la mayor parte de mercurio al estado metálico i el resíduo queda negro. Es mui atacable por el ácido nítrico aun sin ausilio de calor; inatacable por el ácido muriático. Hallándose siempre mezclado con la mencionada sustancia roja, soluble, aunque con dificultad, en este último ácido, es necesario, para tener el cobre gris puro, separarlo, primero, mecánicamente, de todas las partes que no tienen lustre metálico, i en seguida purificarlo por medio del ácido muriático i tártrico.

En dos localidades en Chile se encuentra este mineral en cantidad mas considerable: 1.° en las vetas de cobre de Punitaqui, 2.° en las de Lajarilla, situadas a unas tres leguas de Andacollo (Coquimbo).

Hé aquí la composicion del cobre gris que proviene de estas últimas, parecido por sus caractéres al cobre gris mercurial de Tyrol, analizado por Weidenbusch:

	Chile.	Tyrol.
Cobre	36.5	34.6
Mercurio	18.5	15.6
Hierro	1.2	2.2
Zinc	0.2	1.3
Antimonio	17.7	21.4
Azufre	25.9	23.0
Criadero	......	0.8
	100.0	98.9

4.° *Mercurio rojo* o mineral terroso rojo que acompaña siempre el cobre gris en las minas de mercurio de Chile, es de color rojo de aurora, siempre terroso, diseminado por lo comun en el interior de los poros i huecos del mineral, en sus grietas i partes arcillosas, como tambien en la superficie del cobre gris, e íntimamente mezclado con este último. El ácido muriático le quita con la mayor facilidad su color rojo, disolviéndose el mercurio, i dejando un resíduo abundante blanco que no es soluble, sino con mucha dificultad en el ácido muriático, mui concentrado, i a la temperatura de ebullicion. El ácido nítrico disuelve solamente la parte cobriza, dejando en el resíduo la parte mercurial roja. Calentándolo al abrigo del aire, en una pequeña retorta o en un matraz sin agregar reactivo alguno, se sublima todo el mercurio al estado metálico, i mucha agua.

Fundándome sobre estos caractéres he creido que todo el mercurio se halla en este mineral al estado de óxido i el antimonio al estado de ácido antimónico. Habiendo separado por medios mecánicos una cantidad bastante considerable de esta sustancia roja terrosa, proveniente de los minerales de Lajarilla que contenian, a mas de cobre gris i de las especies arriba citadas partes silicatadas verdes de cobre i algo de pirita, hallé que esta sustancia roja consta de

Ácido antimónico.
Súlfuro de mercurio,
Óxido de cobre,
Óxido de hierro,

i un resíduo que me parecia compuesto de cuarzo, con algo de cobre gris i pirita.

En una muestra análoga, reconoció Rivot, en la parte inatacable por el ácido nítrico i difícilmente soluble en el ácido muriático la presencia de ácido telúrico en proporcion considerable.

5.° *Biseleniuros de zinc i mercurio.*—Herrera ha encontrado en Méjico, en Culebras, junto al mineral del Doctor, i Andres del Rio ha analizado i descrito dos especies minerales que constan de selenio, zinc i mercurio: estas especies son·

Fósil rojo; tiene los mismos caractéres esteriores que el cinabrio oscuro; arde al soplete con llama violada hermosa i mucho humo apestado, que huele a coles podridas, dejando una tierra blanca agrisada. Peso específico 5,66.

Fósil gris; color gris de plomo oscuro; estructura granuda de partes mui finas, con tendencia a hojosa, fractura desigual; es lustroso en la raspadura i mas duro que el espato calizo. Su polvo tizna algo. Peso específico 5,56. Se porta al soplete casi del mismo modo que el anterior. Se parece mucho a la plata gris. Se halla en pequeñas masas i diseminado en el espato calizo. Esta especie consta, segun Del Rio de

Selenio	0,490
Zinc	0,240
Mercurio	0,190
Azufre	0,015
Criadero	0,060

Del Rio opina que esta especie contiene protosúlfuro de mercurio, miéntras la anterior es biseleniuro de zinc con bisúlfuro de mercurio o cinabrio. Las dos se crian con mercurio nativo i cinabrio hepático en la *caliza alpina*.

6.° *Seleniuro de mercurio i plomo.*—Es de color gris de plomo, que pasa a gris de hierro, a veces con colores de arco íris en la superficie. Su estructura hojosa, de triple crucero casi rectangular. Peso específico 7,30. Al soplete da un sublimado cristalino de seleniuro de mercurio, i cuando este seleniuro se halla en proporcion considerable, hierve: agregando carbonato de sosa o estaño, se forma un sublimado de mercurio. Ha sido descubierto por Zincken en Harz. Su composicion es variable: una muestra analizada por Rose, tenia 1 átomo de seleniuro de mecurio por 2 átomos de seleniuro de plomo.

7.° *Mercurio córneo* o subcloruro de mercurio, es mui escaso, se halla en pequeños granitos diseminados en los mineraales de mercurio, i en prismas que derivan de un octaedro isócele, cuyos ángulos son de 98° 4' i de 138°. Es de color gris ceniciento que pasa a veces a gris amarillento, al blanco agrisado amarillento. Cristales pequeños de lustre de diamante; estructura compacta, fractura concoidea perfecta; es trasluciente en los bordes, blando, dócil, quebradizo. Peso específico 6 a 7,5. Al soplete, en el matraz, da un sublimado blanco; i con sosa, sublimado metálico de azogue. Consta segun Klaproth, de:

Óxido de mercurio	0,760
Acido muriático	0,164
Acido sulfúrico	0,076
	1,000

Se halla en compañía del mercurio nativo, del cinabrio i del hierro pardo ocráceo.

8.° *Ioduro de mercurio.*—Del Rio ha descubierto este fósil en unas manchas de color amarillo de limon, en la arenisca abigarrada de Casas Viejas, en Méjico: estas manchas, por la accion del aire o bien del amoniaco, se vuelven negras.

§ II.—MINERALES (METALES) QUE SE BENEFICIAN POR MERCURIO.

(A) *Minerales de mercurio metálico o nativo.*

Hai en las inmediaciones de Idria una capa de esquita arcillosa, intercalada en una caliza compacta, i en la cual el mercu-

rio nativo se halla diseminado en cantidad bastante considerable, para que haga cuenta de esplotar esta esquita por mercurio; i como el mismo mineral no contiene cinabrio, i se halla acompañado solo con la pirita, se estrae de el por el simple lavado la mayor parte de mercurio en estado puro; i lo restante, en estado de una mezcla con pirita.

El mercurio líquido se halla tambien en cantidad considerable en las minas de azogue en Huncavelica, i se separa con la mayor facilidad de sus criaderos.

(B) *Minerales de cinabrio.*

De todas las especies minerales que se acaban de describir, el cinabrio es el que se halla en mayor abundancia en la naturaleza, i constituye los minerales que se benefician en grande por mercurio.

Las minas mas importantes de cinabrio son las de Almaden, en España: el cinabrio se cria en ellas principalmente en vetas, *Almaden.* que atraviesan un terreno estratificado, compuesto de esquitas arcillosas, margosas i de arenisca cuarzosa, mui dura, de la época segundaria, que, segun toda probabilidad, pertenece a la de la *arenisca roja*. Segun Ezquerra, hai en Almaden solo tres vetas, llamadas vetas de *San Nicolas*, *San Francisco* i *San Diego*, i una gran masa aislada en forma de columna (*plan de Santa Clara*), que producen toda la riqueza de estas minas: la misma caja del criadero, en los intervalos que se hallan entre las vetas, contienen tambien, segun Karsten, cinabrio diseminado en partículas mui pequeñas. Las tres vetas corren de NO. a SE; i la estension de todo el criadero comprende unas 200 varas de lonjitud sobre 80 de latitud; pero en tan corta estension, dice Ezquerra ¡cuánta riqueza se encierra! La lonjitud i potencia (grueso) de las tres vetas aumentan con la profundidad, i hasta ahora las labores han bajado solo a 300 varas. Se sacan de estas minas anualmente como 200,000 quintales de mineral, que contiene término medio 10 por ciento de mercurio.

Los minerales de Idria constan de una roca caliza, arcillosa, *Idria.* en medio de la cual el cinabrio se halla diseminado con pirita i a veces con mercurio nativo: la lei media de estos minerales no pasa de 0,086; pero se encuentra tambien fragmentos de la misma roca, que contienen hasta 0,75 de cinabrio.

Las minas de Huancavelica en el Perú se hallan tambien en un terreno *segundario* estratificado de una arenisca cuarzosa. *Huancavelica.* El *metal* ordinario de estas minas es, segun Bertier, una arenisca compuesta de granos mui pequeños de cuarzo transparente, desmoronadizo, en la cual el cinabrio se halla diseminado en partículas mui pequeñas fáciles de distinguir por su color rojo violáceo, i mezcladas con la pirita de hierro. Esta pirita se descompone pronto por el contacto del aire; por esto los minera-

les exhalan un olor vitriólico, i se cubren de una sustancia terrosa de un amarillo verdoso, que no es otra cosa que sulfato de hierro. Calentando estos minerales en una retorta de vidrio, se sublima luego una pequeña cantidad de cinabrio, que se condensa en forma de una película parda negruzca en el cuello de la retorta; i al mismo tiempo se sublima una cantidad notable de mercurio, el cual, segun Bertiher, puede provenir en parte de la reduccion del cinabrio por el aire contenido en el interior de la retorta, i en parte del mercurio metálico, que sin embargo no se percibe a la vista. Se dice que estos minerales contienen término medio 2 por ciento de mercurio.

Chonta. Se han descubierto minerales de cinabrio en varias otras partes del Perú: los de Chonta (a 14 leguas de Pasco hácia el Norte) son de la misma naturaleza que los anteriores, es decir, mezclados con una pirita que se descompone con la mayor facilidad por el aire, desmoronadizos, compuestos de cuarzo i cinabrio rojo violáceo, pero mucho mas ricos que los de Huancavelica. Una colpa de estos minerales de cerca de una arroba de peso, dió al ensaye 47 por ciento de mercurio.

Méjico. Los mismos minerales en Méjico, segun Del Rio, se hallan en la arenisca de carbon o en la arenisca roja, en capas, en Tasco i Durazno; en los pórfidos subordinados, en San Juan de la Chica i el Cerro del Fraile; en la caliza alpina que cubre el terreno de carbon, en vetas o trozos, en Arjelia, junto a Pozos; i en capas subordinadas a ellas en la betun-pizarra de Targea.

California. Descubiertas en estos últimos años las minas de azogue en California producen tanta cantidad de cinabrio que La Nueva Almaden, situada cerca de San José, ha sido por sí sola, suficiente para reducir el precio de este metal a la mitad de lo que valia ántes del descubrimiento de esta mina.

Chile. En Chile tambien se han encontrado los minerales de cinabrio en diversas partes: pero lo que hai de particular aquí, es que, miéntras en las mas minas de azogue de otros paises, el mercurio se halla en los terrenos segundarios estratificados de esquitas, areniscas o calizas, las mejores minas de Chile, que son las de Punitaqui, se encuentran en vetas, que atraviesan un terreno granítico cerca de las vetas de cobre i de oro. Se pueden distinguir dos especies de minerales de cinabrio en Chile.

1.° Los mas ricos son de cinabrio hojoso o mui compacto, de color rojo oscuro, a veces semi-metálico: basta que una piedra presente en su interior unas partículas apenas visibles de este cinabrio, para que su lei llegue a 2½ o 3 por ciento. Sus criaderos son el cuarzo, el hidrato de hierro, el carbonato de cal, i la pirita. Tales son los minerales de las minas de Punitaqui, que producen poco mineral en proporcion a lo que producen las minas de España; pero esos minerales son mui ricos, de 15 a 20 por ciento de mercurio; i aun la *broza* o el *despinte*, es decir, el criadero que los acompaña, da ½ a 1 por ciento de azogue. Dos colpas grandes de mineral de primera calidad de estas minas dieron en dos análisis:

Punitaqui.

	(1)	(2)
Mercurio	0,226	0,435
Hierro	0,023	0,016
Azufre	0,033	0,076
Carbonato de cal	0,395	
Hidrato de hierro	0,142	0,095
Cuarzo	0,161	0,369
	0,980	0,991

En jeneral, el criadero de estos minerales contiene poca cal o ninguna: i por esto, si se procede en el beneficio por el método de destilacion en retortas de hierro, i no por el de calcinacion, se debe agregar carbonato de cal mezclado con carbon.

2.° La segunda clase de minerales de mercurio en Chile contiene sustancia terrosa, de color rojo subido, que en jeneral se toma por mezcla del cinabrio anterior con una arcilla ocrácea i en cuya composicion, como se ha dicho (páj. 361) entra principalmente el antimoniato de cobre, súlfuro de mercurio i cuarzo. Los mineros del pais llaman esta sustancia *mercurio llullo*, i lo consideran como mercurio que se está criando todavía, a diferente de aquel que consideran como *metal hecho*. Sucede encontrar *colpas* enteramente rojas, teñidas con esta sustancia, i que no tienen mas que 1 por ciento de mercurio; i, en jeneral, la lei de estos minerales no llega a 3 por ciento. El criadero de ellos consta por lo comun de cuarzo, hidrato de hierro i carbonato azul de cobre; tales son los de una mina situada a unas 3 leguas de Illapel. A veces el mineral consta solo de cuarzo compacto, punteado con manchas azules de carbonato de cobre i manchas rojas, encarnadas, como son los minerales de la Lajarilla, mina situada a 3 leguas al Este de Andacollo. Casi siempre se halla diseminado en esta clase de minerales el cobre gris mercurial, que hace subir considerablemente la lei del mercurio. Queda por agregar que, como las principales vetas de azogue en Chile se hallan en los granitos, en los mismos terrenos que el oro, resulta quo del mismo modo que el oro, se halla tambien el cinabrio en algunos *lavaderos*, es decir, en los terrenos de acarreo; i para esto se pueden citar como ejemplo unas arenas de la quebrada del Altar cerca de Punitaqui.

(C) *Minerales arsenicales.*

Entre los minerales mandados a la escuela de minas en Paris, de Huancavelica, años ha, llamó particularmente la atencion de Berthier el *mineral rojo*, que se considera por los mineros del país como metal de una especie particular de cinabrio, de la cual no se puede estraer el mercurio por ninguno de los métodos ordinarios de beneficiar. Berthier reconoció que la sustancia roja que tiñe estos minerales, no era cinabrio, sino súlfuro *Huancavelica.*

de arsénico (rejalgar): este súlfuro se halla en pequeñas venas irregulares i en pequeñas partículas, a veces en cristalitos; i es de color rojo hermoso en la fractura fresca, i se vuelve amarillento, mezclado de oropimente por el contacto del aire. Se halla acompañado con una blenda negruzca sin lustre, de estructura granuda, con la pirita diseminada en partículas tan pequeñas, que solo por el análisis se reconoce su presencia, con la galena, que tampoco se distingue a la simple vista, con el arsénico metálico, que se reconoce por el lustre metálico que toman sus partículas, cuando se frotan; en fin, con el cinabrio que rara vez se halla a la vista, i solo se descubre por los ensayes químicos. Calcinado gradualmente en una retorta de vidrio este mineral, se sublima primero una pequeña cantidad de oropimente, viene despues a condensarse una sustancia negra parduzca, que es cinabrio mezclado comunmente con algunas gotillas de azogue; i en fin se volatiliza una gran cantidad de rejalgar puro, que se condensa en el cuello de la retorta bajo la forma de unas gotas trasparentes de color rojo de rubí: suele a mas de esto aparecer al fin de la operacion el arsenico metálico.

Calcinado el mismo mineral en una retorta de vidrio con 1 parte de cal cáustica i 1 parte de carbon, se sublima el mercurio; pero una parte de cinabrio se condensa tambien sin descomponerse; i aumentando el fuego, se sublima tambien el arsénico. Calcinado del mismo modo con 2 partes de peróxido de hierro nativo, da primero una mezcla de oropimente i mercurio metálico i despues súlfuro de arsénico; calcinado con 5 veces su peso de litarjirio, i tomando la precaucion de graduar convenientemente el calor, para que el vidrio no se funda ántes que se descomponga completamente el cinabrio, se obtiene la totalidad de mercurio sin ninguna mezcla de rejalgar ni arsénico.

La proporcion de mercurio que contienen estos minerales, es variable, pero mas considerable que la de los minerales ordinarios de Huancavelica; i el metodo que Berthier propone para su beneficio, consiste: 1.° en calentar lenta i gradualmente el mineral en unas retortas, hasta que se sublime todo el cinabrio con una pequeña porcion de rejalgar; i en someter despues el resíduo a una destilacion aparte, mediante un calor mas intenso; o bien 2.° en calentar gradualmente las retortas, aumentando el fuego al fin de la operacion, pero manteniendo siempre los tubos de condensacion a una temperatura bastante baja, para que el rejalgar no pase al estado líquido, i quede condensado en la parte del aparato mas inmediata al horno: en tal caso el cinabrio se hallaria en la parte anterior del aparato, mezclado con una pequeña porcion de súlfuro de arsénico, i se podria separarlo con facilidad del sublimado de rejalgar. Quedaria despues que efectuar la reduccion del cinabrio mezclado con un poco de arsénico, para sacar el mercurio; i esto se podria hacer por cualquiera de los métodos conocidos, sea mediante la calcinacion con el contacto del aire por el método español, sea mediante la destila-

cion con el hierro metálico, con el peróxido de hierro, con el carbonato de cal o con sustancias alcalinas. En caso que el cinabrio, procedente de la primera operacion, fuese todavía mui impuro, es decir, mezclado con una gran porcion de rejalgar, se podria volver a destilarlo con un calor mui moderado, para separar la mayor parte del súlfuro de arsénico. Es regular que el mercurio obtenido de estos minerales, estaria todavía mezclado con un poco de rejalgar i de arsénico metálico; i se podria purificarlo en gran parte, meneándolo en el agua (*Anales de minas*, 1841).

(D) *Minerales seleniados.*

Se han encontrado en San Onofre, en Méjico, hace años, minerales seleniados de mercurio en tal abundancia, que se esplotan actualmente en grande para el beneficio del mercurio. Estos minerales contienen una sustancia metálica de color gris de acero, parecida al cobre gris, compacta o granuda, diseminada en unos criaderos de carbonato de cal i de sulfato de barita. Esta sustancia es completamente volátil, i se condensa en un sublimado negro, cuya raspadura es tambien negra, sin algun indicio de color rojizo: el mineral consta de seleniuro i súlfuro de mercurio, combinados en tal proporcion, que por 1 átomo de seleniuro hai como 4 átomos de súlfuro: es probable que estos dos cuerpos, siendo insomorfos, se hallan combinados en todas proporciones en la naturaleza (*Anales de minas* de Paris, año 1839). *Méjico.*

(E) *Minerales cobrizos.*

El cobre gris mercurial, descrito entre las especies minerales de mercurio, se halla en Punitaqui, en Lajarilla, i en otras minas de mercurio en Chile, casi siempre acompañado con el mineral terroso rojo antimonial, del cual es imposible separarlo completamente. Esta sustancia roja como ya se ha dicho, poco contribuye a aumentar la lei del mineral. En un esperimento hecho sobre una *colpa* de mineral de Punitaqui, ensayando primero unos fragmentos, que contenian la parte mas pura de cobre gris, sin algun indicio de sustancia roja i ensayando despues otro fragmento de la misma colpa, compuesta de cobre gris i de mucha sustancia roja, se halló que, miéntras aquella parte dió 7 a 8 por ciento de mercurio metálico, la otra, cuyo polvo era pardo rojizo, dió solo 5 por ciento de mercurio.

Los minerales de esta clase tienen siempre por criadero mucho hidrato de hierro i sílice hidratada, casi siempre carbonato azul de cobre e hidro-silicato de cobre, cuarzo i arcilla: los de Illapel i de Andacollo tienen idénticamente el mismo aspecto que los de Punitaqui; pero la proporcion del mercurio varía.

En jeneral, los minerales de mercurio de esta clase se reconocen con bastante facilidad; porque todos presentan en su esterior, como ya se ha dicho, una diversidad de manchas azules,

rojas, pardas i gris de acero, en medio de una masa cuarzosa. Pero, a mas del cobre gris mui rico en mercurio, se encuentran en Chile otras variedades de cobre sulfúreo, o cobre gris, sea arsenical, sea antimonial, que contienen solo algunas centésimas o milésimas de azogue.

Hé aqui algunas especies ensayadas de las muchas que se encuentran actualmente en las minas de Chile:

	Mercurio.
1.ª Cobre gris de la mina de mercurio cerca de Illapel, mezclado con cobre azul i partes terrosas rojas....	0,050
2.ª De la misma mina, mas puro, enteramente separado de las partes azules i rojas....................	0,070
3.ª Cobre gris del cerro de Alcaparrosa, departamento de Combarbalá, acompañado por el cobre azul, puro....................................	0,010
4.ª Cobre gris arsenical de las inmediaciones de Andacollo....................................	0,006
5.ª Cobre gris antimonial de Cerro Blanco (Copiapó).	0,002
6.ª Cobre gris antimonial de Punitaqui, de un gris mas claro que los anteriores, acompañado por el cobre azul, i partes terrosas rojas: —el mas puro........	0,086
7.ª Una otra muestra enteramente parecida a la anterior....................................	0,064
8.ª Cobre sulfúreo, mezclado con carbonato azul de cobre, de un gris mui oscuro i de una mina situada a unas cuatro leguas al sur de Vallenar (Huasco)..	0,010
9.ª Cobre gris de Lajarilla cerca de Andacollo, casi puro acompañado por el cobre silicatado verde i partes terrosas rojas....................................	0,124
10. Id. de la misma veta, acompañada por el carbonato azul, silicato verde, i mineral rojo...........	0,056
Id. parecido al anterior..........................	0,022
11. De la misma veta con algunas manchas coloradas i criadero silicatado verde (0,0009 de plata).......	0,0066
12. Cobre gris de Aculeo, del Rincon de Cordoval, con carbonato azul en los huecos..................	0,003

Todo esto hace ver que el mercurio se halla diseminado en los minerales de cobre en mayor abundancia de lo que se ha creido hasta ahora; i esto mismo es una advertencia para los mineros, porque entre los minerales de cobre que esplotan, pueden haber algunas variedades que contienen mercurio, cuyo metal se pierde en las fundiciones.

(F) *Minerales platosos.*

De las especies de amalgama nativa descritas entre las especies minerales de plata las mas se hallan en mui pequeña cantidad en la naturaleza, para que puedan formar verdaderos mine-

rales de mercurio; pero la que tiene 6 átomos de plata por 1 átomo de mercurio *la* (*arquería*), hallándose en cantidad considerable en las minas de Arqueros, se utiliza no solo por plata, sino tambien por mercurio. En efecto, minerales de primera calidad de Arqueros, que suelen tener mil a dos mil marcos de plata por 64 quintales, dejan en la molienda toda su amalgama nativa en la solera del trapiche, pasando 130 a 150 marcos por cajon a las *harinas*. Esta amalgama, siendo por lo comun en granos gruesos, se recoje, se lava i se refriega con el mercurio para separar las partes pedregosas del criadero; despues se esprime en una tela como las amalgamas artificiales; se hacen piñas que se someten a la destilacion ordinaria; i así se obtiene no solo todo el mercurio que se habia agregado para conglomerar aquellos granos del mineral, sino tambien la mayor parte del mercurio que el mineral contiene. Resulta de esto que en el beneficio de esta clase de minerales por plata, cuando los minerales son ricos, se obtiene en la destilacion de las *piñas de relave* un aumento de azogue que hace mas que compensar las pérdidas de mercurio que se esperimentan en el beneficio de *las harinas*. *Arquería.*

§ III.—PRODUCTOS DE LAS ARTES.

1.° *El mercurio* del comercio se halla muchas veces falsificado con plomo, estaño o bismuto: se reconoce esta falsificacion, destilando el mercurio en un tubo o una retorta, i examinando el resíduo que queda. En este resíduo se reconcentran casi en totalidad los dos primeros metales pero no el bismuto, el arsénico, el antimonio.

2.° *Resíduos del beneficio.*—Se benefician los minerales de mercurio de dos modos: por via de destilacion, o por via de calcinacion. En el primer caso, se emplean retortas o cilindros de hierro; i se mezcla el mineral con carbonato de cal i carbon, si el criadero no es calizo, ni contiene betun: el cinabrio se descompone, durante la operacion, por la cal; el mercurio cede su azufre al calcio i se volatiliza, dejando el súlfuro de calcio en los residuos. Por el segundo método, puesto en práctica en Idria i Almaden, el mineral se calcina en unos hornos prismáticos en los cuales la llama se pone en contacto inmediato con el mineral; en este caso la corriente del aire atravesando el horno, cede su oxíjeno al azufre del cinabrio, se forma ácido sulfuroso i vapor de mercurio, que arrastrados por esta misma corriente, tienen que atravesar unos *cuartos de condensacion* (como en Idria) o unas hileras de *cantarillas* o *aludeles* (como en Almaden). En estos *cuartos* o *aludeles* es donde se condensa el azogue; los resíduos no contienen por lo comun ningun indicio de azogue, aunque el mineral se somete a estas operaciones en fragmentos o *colpas* mui grandes, i aunque el fuego del horno nunca se eleva bastante para descomponer completamente los carbonatos que constituyen el criadero.

3.° *Hollines.*—A mas del mercurio líquido que se condensa en

los cuartos o en las cantarillas, por este último método, se asientan tambien en el interior de estos condensadores unos *hollines* negros, mui ricos en azogue, i que se vuelven a beneficiar, mezclándolos con minerales. Proust halló en unos hollines de Almaden

Mercurio mui dividido	0,660
Protocloruro de mercurio	0,180
Cinabrio	0,010
Sulfato de amoniaco	0,035
Sulfato de cal	0,010
Ácido sulfúrico libre	0,025
Carbon	0,050
Agua	0,025
	0,995

4° *Las heces* negras (que suelen llamar *lices*), que se forman en la destilacion de las *piñas*, enturbian el agua donde se condensa el azogue, i sobrenadan en la superficie de este último, contienen a veces mas de la mitad de su peso de azogue, el cual se halla en la mayor parte en estado metálico, pero dividido en partículas estremadamente finas, i lo demas al estado de óxido, de cloruro i de súlfuro. Se puede estraer la mayor parte del mercurio de estas heces, secándolas i espriméndolas en una tela.

5.° *El cinabrio* del comercio se halla muchas veces falsificado con mínio, peróxido de hierro, ladrillo molido, rejalgar, etc. Se reconoce la presencia de las tres primeras sustancias, sometiendo el cinabrio a una destilacion, i la del rejalgar, haciendo dijerir el cinabrio en el amoniaco, i despues saturando el licor con un acido: en este caso, si hai súlfuro de arsénico, éste se disuelve en el amoniaco, i despues vuelve a precipitarse.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

Naturaleza de las materias

Ensaye.—Las materias que se ensayan por la *via seca*, contienen el mercurio: 1.° al estado metálico, libre o aleado con diversos metales; 2.° al estado de súlfuro, de seleniuro, de cloruro o ioduro. Se ensayan todas estas materias por mercurio, de la misma manera: solamente unas se destilan con adicion de un reactivo conveniente, i las otras, sin reactivo.

Hé aquí como se procede:

Operacion.

Ensaye por mercurio.—Se mezcla íntimamente el mineral molido con el reactivo que le corresponde i se introduce en una retorta de manera que no quede polvo adherido al cuello. Cuando se opera sobre una pequeña cantidad de materia, 10 gramos, (200 granos) a lo mas, como conviene hacerlo en caso que el mineral sea rico, se puede emplear una retorta de vidrio, la cual se

calienta gradualmente sobre un fuego de carbon bien encendido en horno de reverbero; i se aumenta el fuego hácia el fin, hasta ablandar el vidrio, teniendo cuidado de mantener la retorta bastante caliente, para que no pueda condensarse allí el mercurio, i para que este metal pase en su totalidad al cuello. Cuando la operacion se ha terminado, este cuello se corta, i se pesa: despues se despega el mercurio, i se pesa otra vez el mismo cuello bien limpio: se determina en este caso el peso de metal por diferencia: o bien se limpia el interior del tubo con una pluma, haciendo caer el mercurio en el agua; se calienta esta agua durante algunos minutos, si fuere necesario, con un poco de ácido clorhídrico, para que el mercurio se reuna en un solo glóbulo; se decanta el agua, se seca el mercurio a la temperatura ordinaria comprimiéndolo con papel secante, i se pesa. Es de advertir que, aunque el mercurio se condensa siempre en totalidad en el cuello, bajo la forma de un rocío metálico, i no sale de la retorta al estado de vapor, sin embargo, para evitar pérdidas, se hace sumerjir hasta la mitad el orificio de la retorta en el agua, i se puede aun poner en el mismo orificio un pedazo de lienzo que penetre como una pulgada en el interior del tubo, i se sumerja en el agua: de este modo el interior del cuello de la retorta se halla constantemente humedecido con el vapor de agua, que se produce por la condensacion de los vapores mercuriales; i si sucede que una parte de estos últimos llegue hasta el orificio, allí se condensa i se pega al lienzo, del cual se separa despues con facilidad, ajitando el lienzo en el agua del recipiente. Cuando se opera sobre cantidades un poco considerables de materias mercuriales, como es menester calentar fuertemente, con el fin de que el calor penetre hasta el centro de las masas, no se pueden entónces emplear retortas de vidrio, sino unas retortas de greda o de porcelana impermeable. En los injenios donde se destilan los amalgamas, se hace uso de retortas de hierro colado, que se componen de dos piezas. *Precaucion.*

Reductivo. Se destilan sin adicion las materias que contienen el mercurio al estado metálico o al estado de óxido; mas, para las demas materias, es menester añadir un reactivo, que tenga la propiedad de apoderarse del azufre, del selenio, etc. Estos reactivos son: 1° un metal, como el hierro, el cobre o el estaño; 2.° el flujo negro o una mezcla de cal cáustica i de carbon; 3.° el litarjirio. Se emplea frecuentemente para esto la limadura de hierro. Se sabe que la reduccion del cinabrio no necesita mas que 0,231 de hierro; pero como este metal no se puede obtener en polvo impalpable, i los granos de la limadura no se convierten en súlfuro sino lentamente i solo por via de cementacion, conviene emplear un exceso de hierro, como 50 por ciento, a fin de que no se sublime el cinabrio sin descomponerse: esta misma proporcion es suficiente para los seleniuros i otros minerales análogos. Si se hace uso del flujo negro, se añade a la materia la mitad o dos tercias partes de su peso de reactivo. En cuanto a la cal cáustica, se la emplea en la proporcion de cerca de un tercio, *Flujo negro.*

i se mezcla con un tercio de su peso de carbon en polvo. Los minerales arsenicales solo se pueden ensayar con litarjirio, i necesitan 3 a 4 partes de este reactivo; para los que contienen cloruro se añade potasa. En todo caso, cuando la mezcla está introducida en la retorta, es bueno cubrir toda la materia con una lijera capa de reactivo puro, a fin de que nada se escape a su accion.

Inconvenientes i causas de pérdidas en los ensayes que se hacen en las retortas.—Los criaderos de los minerales de mercurio son por lo comun hidratados i betuminosos; el mercurio que se destila en los ensayes hechos del modo como se acaba de describir, se condensa, las mas veces, mezclado con sustancia negra, betuminosa i agua, diseminado en gran parte en el cuello de la retorta, en parte sobre el lienzo que se pone en la boca del cuello o en el recipiente. Difícil es reunir el todo, i casi siempre el mercurio se subdivide en gotillas, dejando partículas negras mercuriales, que sobrenadan en el agua del lavado. Piérdese tambien una parte de mercurio con el vapor de agua cuando el ensaye se hace en una retorta de greda o de hierro, sobre cantidad de mineral algo considerable, en un horno de reverbero; siendo en tal caso indispensable aumentar mucho el fuego, i calentándose inevitablemente el cuello de la retorta.

El método mas cómodo i mas exacto, para a los ensayadores i que sirve para ensayar aun las materias que apenas contienen una milésima de mercurio, es el siguiente:

Se reduce a polvo i se cierne el mineral para hacer el *comun* mas homojéneo posible: se toma para el ensaye un gramo de este polvo, si la materia tiene ménos de uno por ciento de mercurio, i medio gramo si es mas rico: se mezcla esta cantidad con dos o tres gramos de litarjirio, i se muele el todo en un pequeño almirez de ágata. En seguida, se toma un tubo de vidrio como de un centímetro, mas o ménos, de diámetro, i veinte a treinta centímetros de largo; se cierra este tubo por una estremidad en una lámpara de esmaltar i se encorva la estremidad cerrada en forma de una pequeña retorta, de tal modo, que la parte encorvada tenga cuatro a cinco centímetros de lonjitud. Se seca bien el tubo i se introduce en él dicha mezcla de mineral con el litarjirio, teniendo cuidado de limpiar el interior del cuello con una pluma, que no quede en él algo de polvo. Acomódese en un hornillo de evaporacion portátil el carbon, de manera que por encima forme como una bóveda, i quede en el interior un hueco donde se reconcentre mas el fuego. En este hueco, permaneciendo todavía por fuera el carbon no encendido, se introduce poco a poco la parte encorvada del tubo, procurando calentarlo lenta i gradualmente. Si el mineral que se ensaya tiene mas de 5 a 6 por ciento de mercurio, conviene dar al tubo mayor lonjitud que la que se acaba de indicar i se tiene su estremidad abierta en el interior de un matraz seco para recojer las gotillas de metal. Si la operacion es lenta, el agua del criadero es la que se exhala primero, condensándose hacia la estremidad

abierta del tubo que se debe tener inclinado durante toda la operacion. Tras del agua viene el mercurio que principia a formar como un rocío, a veces apenas visible en la parte mas inmediata a la encorvadura del tubo. En este momento se puede introducir el tubo mas adentro manteniendo en el borde del hornillo un pedazo de carbon no encendido, a fin de que se reuna el sublimado en un anillo, a unos cuatro o cinco centímetros de la parte encorvada. Cuando se vé que el vidrio de la parte donde está el mineral fundido principia a estirarse, se da por concluido el ensaye, se saca el tubo, siempre inclinado, se deja que se enfrie, i en seguida se corta el tubo con una lima, cerca del lugar donde se ve condensado el mercurio, por el lado de la estremidad que estaba en el fuego i se recoje por el mismo lado el mercurio seco con un pincel o unas barbas de pluma bien cortadas, haciendo caer las gotillas en una capsulita de porcelana. Es natural que habiéndose quemado en toda esta operacion la parte betuminosa del criadero por el litarjirio, i habiéndose condensado el agua en la parte inclinada abierta del tubo, el mercurio, siendo puro i seco, se reune con la mayor facilidad en un globulito, cuyo peso se determina bien en una balanza de ensaye, aun cuando no fuera mas que un medio milígramo. A esta parte, sacada del tubo, se agrega el mercurio, líquido que ha pasado al matraz si el mineral ensayado ha tenido mas de 4 a 5 por ciento de mercurio.

Este mismo método sirve para ensayar toda especie de minerales i productos de artes; solamente si se sospecha que el mercurio se halla al estado de cloruro, es indispensable añadir al litarjirio potasa o carbonato de sosa fundido, en proporcion, que corresponda a la parte clorurada. Por este método se ha reconocido la presencia de mercurio i se ha determinado su proporcion en muchos cobres grises i en los minerales de plata en Chile, sobre todo en los amalgamas nativos i en los minerales de plata córnea. Para las amalgamas, se introduce en la parte encorvada del tubo pequeños pedacitos de plomo, i se emplea un tubo mas largo, por ejemplo, de tres a cuatro decímetros, que se introduce hasta el fondo de un matraz de cuello largo, porque al momento en que se disuelve el amalgama nativo en el plomo fundido, suele haber proyeccion rápida de vapor mercurial que no alcanza a condensarse en el tubo.

Exijiendo la operacion corto tiempo i siendo fácil, se puede repetir el ensaye de un mismo mineral sobre diversas partes del *comun* i tener comprobados los resultados con toda exactitud.

Este método da, en jeneral, al ensaye proporcion de mercurio mas subida que la que se obtiene, procediendo con suma prolijidad, por reduccion i destilacion en grandes retortas.

Ensayes por súlfuros.—Cuando se quiere ensayar una materia mercurial para saber cuánto súlfuro o seleniuro contiene, se la destila en una retorta de vidrio sin adicion; la sustancia sublimada se condensa en el cuello; i se determina el peso del mismo modo que para el mercurio.

Influjo de los criaderos. Los minerales sulfurados se hallan frecuentemente mezclados con materias betuminosas, peróxido de hierro i carbonato de cal: en este caso, si se quiere hacer el ensaye por cinabrio, sucede que una parte de éste se descompone, sea por el carbon, sea por la accion de las materias betuminosas i del óxido de hierro o de la cal; i entónces se sublima cierta cantidad de mercurio metálico, aunque el mineral no contenga mas que súlfuro. En este caso, despues de haber pesado la mezcla de cinabrio i de mercurio, se hace calentar esta mezcla con ácido nítrico no mui concentrado, en que solo se disuelve el metal, i queda el súlfuro casi intacto: se toma entónces el peso del resíduo que es de cinabrio puro, i restándolo del peso de la mezcla, se obtiene el del mercurio: en fin, por la cantidad de este último se sabrá la del súlfuro que le corresponde.

Si en estos ensayes por súlfuro la reduccion del cinabrio se hace principalmente por la cal del mineral mismo, se evita esta descomposicion tratando el mineral, ántes de destilarlo, por ácido acético, el ácido nítrico o el ácido muriático; que disuelven el carbonato caliso sin tocar el súlfuro.

Cuando un mineral de mercurio tiene por criadero unas materias fijas no volátiles, se determina su riqueza mediante una simple calcinacion en la cual se subliman todas las sustancias minerales, i queda el criadero puro.

Ensayes en pequeño.—Hai muchos medios de reconocer la presencia de una pequeña cantidad de mercurio en alguna materia.

Hé aquí cuáles son estos medios:

Hierro. 1.° Se mezcla la materia con limadura de hierro o estaño metálico; i se hace calentar la mezcla al calor rojo en un tubo cerrado por un estremo. El mercurio se sublima i se reune en la parte mas fria del tubo, bajo la forma de un rocio metálico, que se puede recojer i juntar en una gota metálica, mediante una pluma mui seca.

Oro. 2.° Se echa el polvo de la materia que se quiere ensayar, sobre algun ladrillo o cualquier otro cuerpo, calentándolo hasta el color rojo; i se coloca arriba, lo mas cerca posible, una lámina de oro bien pulida: si hai mercurio, la lámina se vuelve blanca al instante.

Oro i estaño. 3.° Smithson pone un pequeño grano de la sustancia que se quiere ensayar, sobre una hoja de oro, echa despues encima del grano una gota de ácido muriático, e introduce en la misma gota un pequeño pedacito de estaño: en este caso, si hai mercurio, se forma al instante una amalgama de oro sobre la hoja; i lavando despues la hoja, se halla en el lugar mismo que ocupaba la materia, una mancha blanca metálica.

Purificacion del mercurio.—Se ha observado que el mercurio destilado casi nunca es puro, porque volatilizándose, arrastra consigo cierta cantidad de diversos metales. Esta cantidad es mui pequeña, i puede ser despreciada sin error sensible, sino se trata de otra cosa mas que de determinar la cantidad de mercurio; pero, si se quiere tener el metal en estado de pureza perfec-

ta, es menester someterlo a diversas operaciones despues que se ha destilado. Con respecto a los metales amalgamados, se puede emplear uno de los medios siguientes:

1.° El primero es debido a Priestley: consiste en poner cierto volúmen de mercurio en un frasco cuya capacidad sea cuatro veces mayor que este volómen de mercurio; se tapa el frasco i se ajita durante algunos instantes. Despues de veinte o treinta vueltas se destapa el frasco, i se renueva el aire de su interior, mediante un fuelle; se lo vuelve a tapar otra vez, i se ajita: entónces empieza a formarse en la superficie del metal, un polvo negro, que se puede separar trastornando el frasco, destapándolo i dejando correr el mercurio por el orificio que se tiene medio tapado con el dedo. Se repiten estas operaciones hasta que ya cese de formarse este polvo negro: el mercurio entónces queda puro; i si se lo ajita en este estado, produce un sonido claro, miéntras que, cuando contiene plomo, suena en el frasco como si fuese arcilla. *Aire.*

2.° Se pone en un frasco el mercurio con un poco de nitrato de mercurio o una pequeña cantidad de ácido nítrico débil; se ajita todo fuertemente durante un minuto o dos; i en seguida se separan, por medio de un lavedo las partes solubles, asi como el polvo amarillo que se ha formado. *Acido nítrico.*

3.° Se llena de mercurio una cazuela hasta media pulgada del borde; se añade allí una cantidad de ácido sulfúrico desleido en dos veces su peso de agua; se deja todo en este estado durante una semana o dos a la temperatura ordinaria, teniendo cuidado de revolver frecuentemente la materia: se separa despues el metal del óxido, i se lava. El ácido sulfúrico obra mas pronto, si se añade un poco de sulfato de mercurio. *Acido sulfúrico.*

Karsten ha reconocido que se separan completamente del mercurio el cobre, el plomo, el estaño, el bismuto, el arsénico, etc., ajitando estas mezclas con una disolucion de deutocloruro de hierro, de cobre o de mercurio: en esta operacion los deutocloruros pasan al estado de protocloruros miéntras los metales amalgamados se trasforman en cloruros, ántes que el cloro empiece a atacar al mercurio. *Cloruros.*

Si se emplease un exceso de deutocloruro, i la accion fuese prolongada, una parte del mercurio seria tambien convertida en protocloruro, i se perderia en el lavado.

El mercurio aun purificado se cubre frecuentemente de una película, que se compone de diversas materias pulverulentas. Es fácil separar estas materias estrañas, echando el mercurio en un frasco con azúcar molida, un poco humedecida, ajitándolo fuertemente en este frasco, i haciendo pasar despues el líquido por un embudo de papel: en este caso todo lo impuro se une al azúcar, i queda pegado al papel del embudo. *Modo de limpiar el mercurio.*

CAPÍTULO XI.

Hierro.

SECCION PRIMERA.

Propiedades mas importantes del hierro.

El hierro puro (hierro en barra, hierro batido) tiene peso específico 7,788; ocupa el octavo lugar entre los metales, en cuanto a su malcabilidad i el cuarto en cuanto a su ductilidad. Es el mas tenaz entre los metales que se usan en las artes. Al pasar por el castillejo o la hilera, se debilita su ductilidad i tenacidad, i las vuelve a cobrar por medio del *recocimiento*. Su contestura es granuda, pero en la fragua, adquiere por el martillo una contestura fibrosa. No se funde sino a la mas alta temperatura que se puede producir en los hornos metalúrjicos, pero se facilita mucho su fusion cuando puede combinarse con el carbon. Calentado hasta el rojo albado, se ablanda bastante para forjarlo i posee ademas la propiedad de soldarse consigo mismo sin interposicion de otro metal. Se conserva bien en el aire seco, u oxíjeno seco, pero se altera con prontitud espuesto al aire húmedo, cubriéndose de *orin*; la presencia de ácido carbónico facilita esta oxidacion. Al calor rojo se oxida rápidamente, cubriéndose de unas escamas de óxido negro, las cuales, si se continúa calentándolas, se convierten en óxido rojo.

El hierro puro se conserva bien en el agua pura, a la temperatura ordinaria, i mejor todavía en el agua que contenga algunas milésimas de carbonato de sosa o potasa; pero descompone mui pronto el agua mediante el calor, principiando a manifestarse esta descomposicion a la temperatura de 50 o 60°, i tambien mediante cualquier ácido disuelto en el agua. El ácido nítrico mui concentrado obra con menor enerjía sobre este metal que el ácido débil; el de 1.16 de densidad disuelve el hierro sin efervescencia, pues el deutóxido de azoe que se forma se disuelve en la sal de hierro dándole color negro. El ácido sulfúrico mui débil, o con mucha agua, disuelve fácilmente el hierro con desarrollo de hidrójeno; concentrado, no ejerce ninguna accion sobre este metal a la temperatura ordinaria, pero haciéndolo hervir disuelve el hierro, con desarrollo de ácido sulfuroso. Los hidrácidos disuelven rápidamente el hierro, dando lugar a la formacion de protocloruro, protobromuro, etc. Reduce varios óxidos metálicos tanto por la via seca como por la via húmeda, i hace pasar al menor grado de oxidacion los peróxidos que no puede reducir completamente. Se combina directamente con el

azufre i selenio a la temperatura de fusion de estos metaloides, i tambien con el cloro, el iodo, el bromo, el fósforo, el arsénico, etc.

Su equivalente 339.205.Fe.

El *acero* i el *hierro colado* son combinaciones del hierro con cantidades pequeñas, aunque variables de carbono i silicio: i por esto son mas fusibles que el *hierro batido*. Son en jeneral ménos atacables por los ácidos i exhalan hidrójeno en parte carbonado, con un aceite de mal olor, cuando se atacan por el ácido muriático o sulfúrico. El *acero fundido* contiene 0,008 de carbono, el acero ordinario 0,010 i el acero fundido mui duro hasta 0,020. Los *hierros colados* contienen mayor proporcion de carbon, que no pasa de 0.05; cuyo carbon se halla todo combinado con hierro en los *hierros colados blancos*, i solamente en parte combinado, en parte diseminado al estado de grafita en los *hierros colados grises*. A mas de carbon puede contener el hierro colado proporciones variables de azufre, fósforo, manganesa, cobre, silicio, etc.

Los *óxidos de hierro* son reductibles por el hidrójeno, carbono, materias orgánicas, azufre, fósforo i arsénico. El hidrójeno seco principia a obrar sobre ellos a la temperatura de la ebullicion de mercurio, pero mezclado con mucho vapor de agua no los reduce a ninguna temperatura. El *protóxido* es una base mui poderosa, pero tan ávido de oxíjeno, que no se puede conservarlo ni obtenerlo puro en contacto del aire. Su hidrato es blanco pero se ennegrece casi instantáneamente por el contacto de agua que descompone. Es soluble en el amoniaco i tambien, aunque en pequeña cantidad, en la potasa i sosa: contiene 0,772 de hierro FeO.

El *peróxido* es un sesquióxido Fe^2O^3, contiene 0.693 de hierro; es rojo, infusible; mui reductible por los combustibles, aun por los gases que se desarrollan en una combustion incompleta, a la temperatura de calor rojo; no es magnético cuando puro. Su hidrato es de color pardo amarillento, inalterable al aire. Cuando húmedo, se disuelve con facilidad en los ácidos i en el oxalato ácido de potasa; pero si se le calcina fuertemente se pone, como el peróxido nativo, inatacable sino por el ácido muriático o sulfúrico concentrado i a la temperatura de ebullicion. El peróxido hace papel de un ácido débil, algo mas débil que la alumina.

El *óxido magnético* es negro, fusible sin descomponerse, magnético; se forma al pasar el vapor de agua sobre el hierro enrojecido; no es atacable sino por los ácidos fuertes. Consta de un equivalente de protóxido i uno de peróxido Fe^3O_4 i contiene 0,718 de hierro. Forma tambien el hierro un otro óxido compuesto de 6 átomos de protóxido por uno de peróxido, que constituyen las escamas de hierro forjado; i tambien forma *ácido férrico*, el que se produce enrojeciendo al fuego una mezcla de limadura de hierro i de salitre, i tratando la materia por el agua. Este ácido no puede existir sino combinado con la potasa,

Las *sales* de protóxido son de un verde claro, cuando hidratadas, i las anhidras, sin color. Sus disoluciones de un verde claro o sin color. Dan precipitados de color verde sucio por los álcalis i carbonatos alcalinos, blancos por los fosfatos i arseniatos, amarillos por los oxalatos, negros por los hidrosulfatos; blancos por el cianoferruro amarillo de potasio; azules por el cianoferruro rojo No se enturbian por el carbonato de cal o de magnesia, ni por el succinato o benzoato, ni por el tanino ni por el hidrójeno sulfurado. *Las sales de peróxido* son pardas, o amarillas. Dan precipitados pardos rojizos por los álcalis i carbonatos alcalinos o térreoalcalinos; blancos amarillentos por los fosfatos i arseniatos; pardos por los succinatos i benzoatos; azules por el cianoferruro amarillo de potasio. El hidrójeno sulfurado produce en ellas depósito de azufre reduciéndolas a sales de protóxido.

Los *súlfuros* mas importantes de hierro son FeS, FeS^2; i éstos se combinan entre sí en diversas proporciones. El *protosúlfuro* se forma combinando directamente el hierro con el azufre al calor rojo i fundiendolo al fuego se forja. El que se forma precipitando una sal de protóxido de hierro por un hidrosulfato es un súlfuro hidratado. Es negro o de un amarillo mui oscuro, mui fusible e inalterable por el fuego aún mas activo; se conserva bien en el aire seco, pero el aire húmedo lo transforma en sulfato neutro. Los ácidos muriático i sulfúrico lo disuelven con desarrollo de hidrójeno sulfurado i sin resíduo de azufre. No se descompone por el hidrójeno i solamente en parte por el carbon. Se combina con el protóxido de hierro formando oxisúlfuro; con el litarjirio empleado en pequeña cantidad, i con varios súlfuros metálicos o alcalinos que no se descomponen por el fuego. Calentándolo con el sulfato hai descomposicion recíproca.

El *bisúlfuro* es mui comun en la naturaleza i se llama pirita. Es de color amarillo de laton, agrio, mui fusible: al fundirse abandona cierta cantidad de azufre sin transformarse en protosúlfuro. El aire húmedo no lo altera con tanta facilidad como el anterior. Es inatacable por el ácido muriático ni sulfúrico. El hidrójeno, mediante el calor lo transforma en súlfuro magnético; calentándolo con carbon produce súlfuro de carbono i se transforma en protosúlfuro; contiene 0,457 de hierro FeS^2.

Los *sulfatos de hierro* se descomponen completamente al calor albo, i se reducen al estado de súlfuros por el carbon. El protosulfato se altera mui pronto al aire absorviendo oxíjeno; cuando se halla en disolucion se enturbia, precipitándose el subsulfato amarillo i quedando en el licor un sulfato ácido. Tratándolo por el ácido sulfúrico de 66° se pone blanco, anhidro i el licor toma un color purpúreo, por una cierta cantidad de sal que se disuelve. El *persulfato* es mui soluble en el agua, soluble en el alcohol, insoluble en el ácido sulfúrico de 66°. El calor le quita primero el agua, i en seguida lo descompone, desarrollando ácido sulfúrico anhidro mezclado con una pequeña cantidad de oxíjeno i de ácido sulfuroso.

Los *arseniuros* son mui quebradizos, inalterables por los ácidos muriático i sulfúrico; mui fusibles. Mui poco arsénico se necesita para que el hierro pierda toda su maleabilidad i se ponga mui quebradizo al frio.

El *protocloruro* se forma calentando las limaduras de hierro con ácido clorhídrico, i el *sesquicloruro* calentando el hierro en una corriente de cloro i volatilizando el producto en medio de este gas. Los dos se transforman en peróxido tanto por la calcinacion en contacto del aire como por el vapor de agua; son deliquescentes i volátiles, pero el último mas volátil que el primero.

Silicuiros.—Los hierros colados suelen contener hasta 2 por ciento de silicio. Fórmanse tambien los cilicuiros calentando en un crisol de brasca, limadura de hierro con sílice. Son mui atacables por los ácidos.

SECCION SEGUNDA.

Minerales.

El hierro se halla en todos los terrenos, i constituye muchas especies mineralójicas, que se pueden clasificar del modo siguiente:

Hierro metálico		*El hierro meteórico.*
Minerales oxijenados	1	*El peróxido anhidro,*
	2	*El peróxido hidratado,*
	3	*El óxido magnético,*
	4	*La franklinia.*
Minerales sulfurados i telurados	1	*Las piritas amarillas i blancas,*
	2	*Las piritas magnéticas,*
	3	*Los sulfatos,*
	4	*El telururo.*
Minerales fosforado i arsenicales.	1	*Los fosfatos,*
	2	*El arseniuro,*
	3	*El arsenio-súlfuro,*
	4	*Los arseniatos,*
	5	*Los arsenio-sulfatos.*
Minerales con sílice		*Los silicatos.*
Minerales carbonatados	1	*El carbonato,*
	2	*El oxalato.*
Minerales de ácidos metálicos.	1	*Los cromatos,*
	2	*El tunstato,*
	3	*Los tantalatos,*
	4	*Los titanatos.*

Entre estas especies, las que entran en la composicion de los verdaderos *metales* que se benefician por hierro, son las siguientes:

1.° *Peróxido de hierro* (hierro olijístico, hierro espejado, hier-

ro rojo). Se distinguen tres variedades principales: peróxido cristalizado o *hierro olijístico*, peróxido hojoso o hierro micáceo (hierro escamoso) i peróxido compacto o fibroso (*hematita roja*). Cristaliza en romboedros, en dodecaedros metastático, terminados por las caras de un romboedro obtuso, i en prismas de seis caras: los cristales mui abundantes tienen forma de lenteja. Estructura hojosa, granuda, o compacta. Por fuera, de color negro de hierro, por dentro, gris de hierro o gris de acero obscuro, lustre metálico. Su polvo es siempre rojo. Es muchas veces magnético por causa de una pequeña cantidad de óxido magnético con que está mezclado. Es infusible al soplete, soluble en el ácido muriático a la temperatura de la ebullicion. La variedad micácea u hojosa se halla mui abundante en Chile, i acompaña los mas minerales de oro i los de color de cobre: los mineros la llaman *arenilla, arenilla voladora,* hierrillo. Consta de

Hierro.............	0,6934
Oxíjeno.............	0,3066
	1,0000

La variedad compacta o hematita roja tiene muchas veces estructura fibrosa, en fibras diverjentes. La variedad ocrácea *u ocre rojo* es una mezcla de peróxido i arcilla.

Se halla comunmente en vetas.

2.° *Peróxido hidratado.*—Es todavía mas abundante que el anterior, del cual se distingue, primero, por el agua que da en el matracito, segundo, por el color de su polvo, que es amarillo o pardo amarillento: sin embargo, es de advertir que muchas veces su polvo es tambien rojizo como el del anterior, por causa de una pequeña cantidad de peróxido anhidro con que está mezclado. Rara vez se halla cristalizado, i aun sus cristales parecen *impropios:* son unos cubos o cubo-octaedros como los de la pirita ordinaria, o unos prismas propios de la pirita blanca. Las variedades mas importantes son: (1) *hierro pardo* o *hematita parda*, en masas, bulbosa, estalactítica, etc; estructura fibrosa; por fuera, negra; su polvo pardo cetrino; (2) *hierro pardo lustroso*, lustre de cera, estructura compacta; (3) *hierro arcilloso*, rojo parduzco, sin lustre, estructura terrosa, en capas; (4) *hierro arcilloso granudo*, rojo parduzco, en granos, fragmentos, petrificaciones; su polvo, rojo amarillento; (5) *hierro palustre;* de color amarillo de ocre o gris amarillento, etc.—Composicion:

	Chile. (1)	Pensilvania. (2)	Longwy. (3)
Peróxido de hierro.........	0,849	0,512	0,851
Agua....................	0,118	0,100	0,122
Cuarzo, arcilla, etc.......	0,033	0,360	0,027
Oxido de manganesa......		0,028	
	1,000	1,000	1,000

(1) Hidrato cristalizado en cubos imperfectos, embutidos en un criadero compacto cobrizo.

(2) Hidrato compacto de color amarillo, pardo oscuro (Berthier).

(3) Hematita parda (Berthier).

La variedad compacta o granuda, de color gris de acero por dentro, i negro de hierro por fuera, de estructura a veces hojosa imperfecta, se halla mui a menudo en Chile en vetas mui gruesas o masas considerables.

3.º *Hierro magnético.*—Se halla en masas i granos irregulares, i diseminado, cristalizado en octaedros o dodecaedros; estructura granuda, a veces hojosa, lustre metálico, color gris de hierro, se distingue de los anteriores por su virtud magnética i por el color de su polvo, que es de un pardo oscuro. Consta de

Hierro...........	0,7178
Oxíjeno..........	0,2822
	1,0000

4.º *Hierro espático* (carbonato de hierro).— Se halla en masas, diseminado, globoso, etc., i cristalizado en romboedros un poco mas obtusos que los del espato calizo; estructura hojosa de triple crucero; fractura hojosa i a veces astillosa; color blanco de perla agrisado, gris amarillento, etc., lustre de vidrio que tira a nácar; trasluciente en los bordes u opaco. No es atacable por el vinagre i con dificultad por los ácidos sulfúrico i muriático, pero sí por el ácido nítrico concentrado i por el agua rejia. Consta de

Protóxido de hierro........	0,6147
Acido carbónico............	0,3853
	0,1000

Casi siempre se halla mezclado con carbonato de manganesa i carbonatos de magnesia i cal. Se cria comunmente en vetas, i su matriz tiene por lo comun cuarzo, sulfato de barita, etc.

Hierro carbonatado compacto o arcilloso.—Es una variedad del anterior, del cual se distingue por su estructura compacta, terrosa, a veces granuda u olítica; se halla comunmente en capas en los mismos terrenos que producen carbon fósil.

SECCION TERCERA.

Modo de ensayar.

§ I.—JENERALIDADES.

Entre las sustancias ferrujinosas, se someten ordinariamente

á los ensayes por la *via seca* solo aquellas en que es posible determinar la lei del hierro rigorosamente, o a lo ménos mui aproximativamente por este medio. Estas sustancias contienen hierro siempre al estado de óxido, i son o unas especies minerales que se emplean en grande para estraer el hierro, i por eso se califican de *minerales*, o bien unos productos de las artes.

Minerales.—Los minerales de hierro que se benefician en grande, son los siguientes:

1.° *Hierro oxidado magnético.*—Se halla muchas veces puro; pero contiene algunas veces una cantidad notable de óxido de títano. Sus criaderos son el cuarzo, la esteatita i el gneis.

2.° *El hierro oxidado magnético titánico.*—Contiene en combinacion el óxido de títano i el protóxido de manganesa. Sus criaderos son los mismos que los del hierro oxidado magnético, i ademas las rocas basálticas i las arenas que contienen las piedras jemas i un gran número de piedras diversas.

3.° *El hierro olijístico.*—Se halla siempre puro. Sus criaderos son los mismos que los del hierro oxidado magnético.

4.° *La franklinita.*—Contiene en combinacion óxido de zinc i deutóxido de manganesa. Sus criaderos son el cuarzo, el granate, etc. i las rocas primitivas.

5.° *El hierro oxidado i el hierro hidratado compacto o hemátites.*—Pueden contener deutóxido i peróxido de manganesa, ácido fosfórico i ácido arsénico. Sus criaderos son el cuarzo, las rocas primitivas, la cal arcillosa, i las arcillas arenosas.

6.° *El hierro oxidado i el hierro oxidado hidratado.*—Muchas veces oolíticos, de los terrenos calcáreos. Pueden contener óxidos de manganesa, ácido fosfórico, arcilla, carbonato i silicato de hierro, carbonato i silicato de zinc. Su criadero es la caliza oolítica pura o la caliza compacta arcillosa.

7.° *El hierro oxidado i el hierro hidratado llamados de aluvion* o de los terrenos de acarreo: son mui frecuentemente oolíticos.—Pueden contener óxidos de manganesa, ácido fosfórico, arcilla, silicatos de hierro magnéticos, hierro titánico e hidrato de alumina. Sus criaderos son las arcillas arenosas i el cuarzo.

8.° *El carbonato espático.*—Puede contener carbonato de manganesa i carbonato de magnesia, algunas pero raras veces, carbonato de cal: nunca contiene ácido fosfórico ni arsénico. Sus criaderos son el cuarzo, el gneis, lás rocas talcosas.

9.° *El hierro carbonatado compacto.*—Puede contener carbonato de magnesia, carbonato de cal, ácido fosfórico, arcilla, betun. Sus criaderos son las areniscas hulleras, las arcillas esquitosas, la hulla i las calizas compactas i arcillosas.

10. *Los granates.*—Ademas de la sílice pueden contener cal, magnesia, óxido de manganesa i de alumina. Tienen por criadero las rocas primitivas.

11. *La chamoisia i los alumino-silicatos análogos.*—Ademas de la sílice i alumina, pueden contener cal, magnesia i un álcali. Los criaderos son las rocas primitivas i las calcáreas arcillosas.

Carbonatos i silicatos multíplices.—Se encuentra en la natu-

raleza una variedad infinita de carbonatos con base de cal, de magnesia, de manganesa i de hierro.

Productos de las artes.—Los productos de las artes son: 1.° las escorias que contienen mui poco hierro; 2.° las escorias de forjas catalanas i las escorias de refinadura de cualquiera especie, que son todas mui ricas.

Hornos.—Los ensayes de hierro exijen una temperatura de cerca de 140° a 150° partes; i por esto se hacen en unos hornos de viento que tiren bien, o en una forja provista de un buen fuelle.

Clasificacion.—Para que un ensaye se acierte, es menester no solamente que el hierro pueda fundirse, sino tambien que todas las sustancias con las cuales se halla mezclado o combinado, puedan formar entre sí una combinacion fusible. Esta última condicion exije muchas veces que se añada un flujo a la materia ferrujinosa cuyo ensaye se quiere hacer. La naturaleza del flujo que se debe emplear, depende de la naturaleza de la materia que es menester fundir. Bajo este respecto, los minerales de hierro se pueden dividir en cinco clases.

1.ª *Clase.—Materias ferrujinosas casi puras*: hierro oxidado magnético, hierro olijístico, hierro oxidado i hierro hidratado compactos o hematites.

2.ª *Clase.—Materias ferrujinosas mezcladas con cuarzo que no contienen nada o casi nada de otras sustancias*: hierro oxidado magnético, hierro olijístico, hierro oxidado e hidratados compactos o hematites, algunos minerales de aluvion.

3.ª *Clase.—Materias ferrujinosas que contienen sílice i diversas bases, pero no contienen nada o casi nada de cal:* la mayor parte de los minerales oxidados o hidratados llamados de aluvion, i la mayor parte de los minerales carbonatados compactos, que están unos i otros mezclados con arcilla; los minerales oxidados o hidratados, que tienen por criadero las rocas primitivas; los hierros espáticos mezclados con cuarzo, i que contienen siempre magnesia u óxido de manganesa; algunos granates; las escorias de refinadura i la mayor parte de las escorias ferrujinosas, que provienen de la fundicion de los minerales de cobre, plomo i estaño.

4.ª *Clase.—Materias ferrujinosas que contienen una o muchas bases*, tales como la cal, magnesia, alumina, óxido de manganesa, óxido de titano, de tántalo, de cromo o de tunsteno, pero que no contienen nada, o continen poco de sílice: tales son los minerales oxidados e hidratados pobres del terreno oolítico, que se hallan casi siempre mezclados con una grande cantidad de carbonato de cal; algunas variedades de carbonato de hierro compacto, que están en el mismo caso; los hierros espáticos sin criadero, que contienen siempre magnesia o manganesa; algunas variedades de hierro oxidado e hidratado de aluvion, que tienen por criadero hidrato de alumina, etc.

5.ª *Clase.—Materias ferrujinosas que contienen sílice, cal i otra base, i que son fusibles por sí mismas*, como son muchos minerales oxidados e hidratados de los terrenos calcáreos; los hi-

dro silicatos; algunos granates; la mayor parte de las escorias, que provienen de las forjas catalanas; las escorias de los *hornos altos* i de los hornos de *Wilkinson* i algunas escorias que provienen de la fundicion de los minerales de cobre, plomo i estaño.

Modo de operar.—Antes de indicar los diversos flujos que se pueden emplear para cada una de estas clases, se van a indicar los modos de hacer los ensayes de hierro en jeneral, i las consecuencias útiles que se pueden sacar del resultado de estos ensayes.

Crisoles. Para ensayar las materias ferrujinosas se pueden emplear crisoles de tierra o de plombajina, sin carbon o guarnecidos de brasca. El hierro colado no adhiere a los crisoles de tierra; pero las escorias adhieren a ellos fuertemente, i no es posible pesarlas. En los crisoles de plombajina el hierro colado no adhiere jamas, las escorias se separan casi siempre limpias; pero, como durante la fusion se disuelve en las escorias una parte de la materia arcillosa del crisol, no se puede saber con exactitud el peso de ellas.

Cuando se opera en crisoles sin brasca, conviene necesariamente añadir a la materia ferrujinosa una cierta cantidad de carbon, para reducir el óxido de hierro; i es menester añadir un exceso de carbon, porque una parte de este combustible se quema siempre por el aire que penetra los crisoles: ahora, si se pone demasiado carbon, resulta que el sobrante del residuo, diseminado en la materia fundida, impide que, concluida la reduccion, el hierro colado se una en una sola esferilla. Los crisoles sin brasca no necesitan por otra parte tanto fuego como los de brasca, porque ésta sostiene las paredes en el momento en que principian a ablandarse. En fin, haciendo uso de los crisoles de brasca, no es necesario añadir reductivo alguno a la materia ferrujinosa: se recoje i se pesa el resíduo entero, por causa de que éste nunca adhiere al carbon; como al mismo tiempo, ninguna sustancia estraña puede introducirse en la escoria: esta se compone solo de las materias que habian estado mezcladas con el óxido de hierro i el flujo que se habia añadido. Por estas razones, conviene que no se empleen para los ensayes de hierro otros crisoles que los de brasca.

Preparacion del ensaye. Molida la materia ferrujinosa i pasada por el tamiz de seda, se toma un peso determinado de ella, que se coloca en una hoja de papel barnizado o en una pequeña cápsula de porcelana o de vidrio; luego se pesa el flujo, i se lo mezcla mui exactamente con la materia ferrujinosa por medio de una espátula. Se introduce todo en el crisol, haciendo de modo que ningun polvo se escape en el aire, se aprieta la materia con un majadero de ágata o de porcelana; se iguala la superficie, que debe ser un poco convexa; se hacen caer al fondo del crisol las partículas que pueden haberse detenido en las paredes, i se llena en fin el crisol con la brasca. Se coloca entónces el crisol en un apoyo; se adapta la tapa, que se pega al crisol mediante una arcilla refractaria; i luego se introduce todo en el horno.

Fusion. Se deja el fuego encenderse por sí solo durante una hora; se

da despues gradualmente el viento por una hora a cinco cuartos de hora; se retiran los crisoles; se les deja enfriar; i quebrándolos. se retira la masa fundida, que consta de hierro colado i escorias.

Se pesa primero el resíduo entero; en seguida, golpeando lijeramente con un martillo, se separa fácilmente el hierro colado; pero casi siempre la escoria, aun cuando está perfectamente fundida, presenta en su superficie granallas de hierro colado, que se hallan muchas veces en gran número, i cuyo peso por otra parte no se puede despreciar. Mui fácil es recojer estas granallas; i para eso se quebranta groseramente la escoria; se escojen los pedazos que no contienen granallas; se reduce el resto a polvo; i pasando por este polvo una barrita magnética, se estraen de él todos los granos de hierro colado: a esto se junta el boton de hierro colado; se pesa; i restando el peso de hierro del resíduo total, se saca el peso exacto de la escoria por diferencia. *Peso.*

En el proceso verbal de ensaye que se hace, es menester notar con cuidado el aspecto del residuo total, i describir separadamente los caractéres de la escoria i del hierro colado, porque eso dá indicios sobre la naturaleza de las sustancias contenidas en la materia ferrujinosa sometida al ensaye.

Se debe examinar si la escoria es compacta, vítrea, esmaltada o pedregosa, trasparente, trasluciente u opaca; si presenta indicios de cristalizacion; cuál es su color por reflexion o por refraccion en las hojuelas delgadas, si presenta variedades de color, que indiquen la poca homojeneidad de la materia. *Exámen de la escoria.*

En cuanto al hierro colado, conviene quebrar el boton para reconocer su tenacidad, o para examinar su grano. Muchas veces esto es mui difícil: sin embargo, se consigue siempre, envolviendo el resíduo en una hoja de hierro, colocándolo en un yunque, i golpeando encima con un martillo. Los hierros colados, de mui buena calidad, se aplastan siempre un poco ántes de romperse, son de color gris o blanco gris, de grano fino o mediano. Los hierros colados de mui mala calidad, se quiebran fácilmente sin cambiar su forma; i aun los hai que pueden pulverizarse; son mui cristalinos en la superficie, blancos, lamelosos i muchas veces llenos de cavidades cubiertas de cristales. Pero entre estos dos estremos hai una multitud de calidades diversas sobre las cuales los caractéres esteriores no dan sino indicios mas o ménos probables. *Exámen del hierro colado.*

Modo analítico de operar.—Haciendo el ensaye por el procedimiento que se acaba de describir, no tenemos ningun medio para asegurarnos de que no ha habido pérdida accidental; i no podemos contar con la exactitud del resultado, sino cuando se ha verificado por otro ensaye semejante. Pero se puede, sometiendo la materia ferrujinosa a algunas operaciones mui sencillas ántes de fundirla, dispensarse de hacer un doble ensaye, i ademas obtener sobre la naturaleza de la materia conocimientos esenciales, i de tal modo precisos, que equivalgan casi a un análisis por la vía húmeda. Estas operaciones se reducen a una calcinacion con

el contacto o sin el contacto del aire, para hacer salir las sustancias volátiles o combustibles, i a un tratamiento por los ácidos, para determinar la dósis de las materias insolubles i, por diferencia, de las que se disuelven.

Calcinacion. Se calcinan sin contacto del aire los hidratos, para determinar el agua, i todos los minerales que contienen óxidos de manganesa, para transformar este metal al estado de óxido rojo, que es fijo i conocido. Se calcinan sin contacto del aire i despues se tuestan los carbonatos i los minerales que, como los que provienen de los terrenos de hulla, se hallan mezclados con materias combustibles. Se calcinan con contacto del aire las escorias que se hallan mezcladas con restos de carbon. La simple calcinacion, sin contacto del aire, basta para descomponer los carbonatos; pero el residuo contiene protóxido i peróxido en proporciones desconocidas i variables; i por esto es menester calcinarlo despues con el contacto del aire, para convertir la totalidad del hierro al estado de peróxido.

Operacion por el ácido acético. Los minerales que tienen por criadero la cal pura o magnesiana, se tratan por el ácido acético o por el ácido nítrico débil, sin el ausilio del calor. Estos ácidos disuelven los dos carbonatos térreos sin atacar la arcilla, las piedras ni los óxidos de hierro. Despues de haber lavado el resíduo, se seca, se pesa i se calcula la proporcion de los carbonatos disueltos, por diferencia.

Operacion por el ácido muriático. Se hacen hervir con ácido muriático o, lo que es preferible, con agua réjia todos los minerales que contienen alguna sustancia insoluble en los ácidos, como es el cuarzo i la arcilla. Se determina la cantidad de estas sustancias por el resíduo que queda, i de su peso se deduce la proporcion de flujo que se ha de agregar para hacer el ensaye, como se verá mas adelante. Se advierte que las arcillas no son absolutamente inatacables por el ácido muriático, i que este ácido les quita siempre una cierta cantidad de alumina, i tanto mayor cuanto mayor es la proporcion de esta tierra en las arcillas. Se hacen hervir los minerales titánicos en el ácido sulfúrico concentrado despues de haberlos

Operacion por el ácido sulfúrico. pulverizado; por este medio se disuelve el hierro, el titano, la manganesa, miéntras que las piedras que constituyen el criadero i resisten casi todas a la accion del ácido, quedan en el resíduo; i por el peso de este resíduo se determina la proporcion del flujo que se necesita.

Flujo. Verificadas todas estas operaciones preliminares, ya se conoce la proporcion de las sustancias volátiles i de las que son solubles en el ácido acetico, como tambien de las sustancias insolubles en el ácido muriático, sea en el ácido sulfúrico, contenidas en la materia que se ensaya. Se añade entónces el flujo conveniente, i se procede a la fundicion. Hai varios flujos que sirven para ensayar los minerales de hierro; pero si se quiere despues verificar la exactitud del ensaye i sacar de los resultados todo lo que puede dar indicaciones útiles a los fundidores, es indispensable emplear un flujo fijo, o que contenga una proporcion rigorosamente determinada de sustancias volátiles. En este últi-

mo caso, se debe saber esta proporcion con toda exactitud posible, sometiendo de antemano el flujo a una fuerte calcinacion: esto es lo que se debe hacer, por ejemplo, cuando se emplea el carbonato de cal puro o mezclado con carbonato de magnesia.

Cuadro de los resultados.

Sea ahora A el peso de la materia ferrujinosa no calcinada o cruda; B el peso de la misma materia calcinada; C el peso de los flujos C′ C″, etc., crudos; D el peso de los mismos flujos calcinados; P el peso de la materia insoluble en el ácido muriático o el ácido sulfúrico; R el peso de las materias fijas solubles en el ácido acético, peso que se conoce fácilmente, cuando se conoce la pérdida que esperimenta por la calcinacion, la materia ferrujinosa no tratada por los ácidos, i el resíduo del tratamiento de esta materia por el ácido acético; M el peso del residuo del hierro colado i de las granallas; S el peso de la escoria; O la pérdida de peso en el ensaye, que representa la cantidad de oxíjeno desprendida por la reduccion. Hé aquí como deben disponerse todos estos datos, para que con una mirada se puedan comprender todos los resultados útiles de un ensaye. Se ha sometido al ensaye

A mineral crudo=mineral calcinado.............	B
Se ha añadido C flujo crudo=materias fijas........	D
Total de las materias fijas...........	B+D
Se ha obtenido:	
Hierro colado.......... M } Escoria.............. S } Total.	M+S
Pérdida	O
Flujos añadidos..........................	D
Materias vitrificales	S—D
Materias insolubles en el ácido muriático	T
Materias solubles en el ácido muriático ..	S—D—T
Materias solubles en el ácido acético	R
Materias insolubles en el ácido acético i solubles en el ácido muriático	S—D—T—R

Cuando el hierro contenido en la materia que se ensaya está a un grado conocido de oxidacion, i cuando esta materia no contiene sino mui pequeña cantidad de manganesa, la cantidad de oxíjeno O debe corresponder casi a la cantidad de hierro colado M; i si esto se verifica, uno debe estar seguro de que el ensaye es exacto. No conviene, por lo tanto, esperar una correspondencia rigorosa, porque el hierro colado no es hierro puro, i

contiene siempre carbon: tambien se halla que en los ensayes ordinarios, el peróxido de hierro no pierde sino 0,29 a 0,30 de oxíjeno. Sin embargo, por otra parte la cantidad de oxíjeno de hierro que queda en las escorias, compensa en parte el carbon combinado con el hierro colado; pero cuando el ensaye ha sido hecho con un flujo conveniente, la cantidad de este óxido es mui pequeña, i no llega sino a uno por ciento del peso de la escoria. Cuando el hierro no está a un grado conocido de exidacion, la pérdida O, que se produce en el ensaye, hace conocer este grado, si por otra parte el ensaye ha sido hecho sin accidente; pero si hubiese alguna duda, o se considerase como de grande importancia el resultado, seria preciso volver a principiar el ensaye para verificar los resultados del primero.

Influjo de la manganesa. Cuando la materia ferrujinosa contiene manganesa, si este metal está al estado de protóxido, como en la mayor parte de los productos del arte, las verificaciones que acabamos de indicar pueden todavía hacerse sin modificacion, porque la manganesa disuelta en las escorias, se halla tambien al mínimun de oxidacion; i empleando una porcion de flujo suficiente, no se reduce sino una cantidad insignificante de este metal. Pero cuando la manganesa está al estado de óxido rojo, abandona cierta cantidad de oxíjeno, volviendo al mínimun de oxidacion; i esta cantidad se halla comprendida en la pérdida O; entónces no se puede hacer verificacion de los resultados por el cálculo como ántes. No obstante eso, la diferencia entre la pérdida O i la cantidad de oxíjeno que corresponde al peso del hierro colado, no puede ser mui grande, porque el óxido rojo de manganesa no pierde sino 0,68 de oxíjeno para trasnformarse en protóxido.

Influjo del titano. El ácido titánico se porta en los ensayes de hierro absolutamente como los óxidos de manganesa; emite, cuando mas, 0,06 de oxíjeno, disolviéndose en presencia del carbon en los vidrios térreos. Puede suceder que un ensaye no se funda, o se funda imperfectamente por dos causas: 1.ª porque el calor no ha sido bastante fuerte, o no se ha prolongado suficientemente; 2.ª porque los flujos no habian sido empleados en proporcion conveniente, o no eran capaces por su naturaleza de formar un compuesto fusible con las sustancias mezcladas con el óxido de hierro. En uno i otro caso el óxido de hierro se halla completamente reducido; i si el ensaye se ha hecho con cuidado, la pérdida de oxíjeno dá a conocer la proporcion de hierro de un modo mui aproximativo, i casi siempre aun con una exactitud que sorprende a los que no están acostumbrado a estas especies de manipulaciones.

Ensaye no fundido. Los resíduos de los ensayes que no están enteramente fundidos, son grises i de un aspecto homojéneo; se aplastan con el martillo, i toman el brillo metálico con la frotacion de la lima; desarrollan gas hidrójeno si se ponen en contacto con el ácido muriático: el hierro se halla en ellos diseminado en partículas imperceptibles. En los resíduos imperfectamente fundidos, el

hierro colado se halla diseminado en granallas en toda la masa de la escoria, o bien forma un resíduo poroso penetrado de escoria, sin que sea posible separar exactamente la parte metálica. Algunas veces, no hai aun aglomeracion; i la mezcla sometida al ensaye, no forma sino un polvo gris metálico: en este caso no se puede sacar ninguna utilidad del ensaye, porque es imposible recojer la materia sin pérdida, aun lavando la mezcla con el mayor cuidado.

Los ensayes se hacen ordinariamente con 10 a 20 gramos (200 o 400 granos) de materia ferrujinosa; pero se puede obtener un resultado exacto, aun operando sobre 5 gramos; i no es imposible obtener tambien una fusion completa en los hornos que se usan comunmente para esta clase de ensayes, empleando hasta cincuenta gramos de materias. En efecto, puede ser útil operar sobre una gran cantidad de materia, cuando se quiere someter el hierro colado a algunas esperiencias para conocer su calidad, o cuando se quiere transformarlo en hierro batido.

Influjo de la sílice.

En jeneral, en cualquier estado de combinacion que se halle el óxido de hierro, se reduce completamente por cementacion: solamente la reduccion exije un tiempo tanto mas largo, i una temperatura tanto mas elevada, cuanto mas fuerte es la afinidad con que lo retienen otros elementos en estado de combinacion. En dos pedazos del mismo volúmen, uno de óxido de hierro puro o mezclado con arcilla, i otro de silicato de hierro (escoria de refinacion), calentados a la misma temperatura en contacto del carbon, la reduccion no se verifica en un mismo tiempo, i siempre se concluye mas pronto en el óxido puro que en el silicato.

Flujos jenerales.—Cualquiera que sea la naturaleza de una materia ferrujinosa, se puede siempre determinar su fundicion por medio del bórax: las mas pobres se funden con la adicion de 0,20 a 0,30 de este flujo; i para las materias ricas 0,5 a 0,10 bastan.

Por consiguiente, cuando se quiere determinar prontamente la riqueza de un mineral, conviene emplear este flujo; pero, como es volátil, no podemos verificar la exactitud de los resultados. El bórax tiene, por otra parte, el inconveniente de comunicar al hierro colado caractéres diferentes de los que hubiese tenido, si se hubiera hecho el ensaye con flujos semejantes a los que se emplean en grande en los hornos altos; de suerte que no se puede deducir nada de los resultados del ensaye sobre las calidades del hierro colado que se saca en grande. Este efecto parece provenir de que el hierro colado obtenido en presencia del bórax, contiene siempre una pequeña cantidad de boro.

El ácido bórico es un flujo jeneral para las materias ferrujinosas, como el bórax; pero es ménos cómodo, porque es demasiado volátil; i por esto no se emplea casi nunca. Se puede ensayar un mineral de hierro, i estar casi seguro de que se fundirá, añadiendo vidrio blanco o vidrio térreo (silicato de cal i de alumina); pero estos flujos deben emplearse en proporciones consi-

derables, cerca de una parte para las materias ricas, i doble para las materias pobres. Cuando se emplea vidrio blanco, se volatiliza siempre una cierta porcion del álcali que contiene, sobre todo, si la materia ferrujinosa contiene poco sílice i una cantidad considerable de bases fijas: entónces no se puede, por la pérdida del peso, verificar de un modo rigoroso la exactitud del ensaye. Pero tenemos la ventaja de poder hacer esta verificacion, cuando se hace uso de vidrios térreos. Estos vidrios, siendo ménos fusibles que el vidrio blanco, es menester emplear una proporcion mas considerable de ellos para la misma materia ferrujinosa; i como el empleo de una gran cantidad de flujo es siempre incómodo, porque necesita grandes crisoles, i de otro modo seria menester operar sobre una pequeña cantidad de materia, conviene examinar atentamente la sustancia que se ensaya, para reconocer lo mejor que se pueda, su lei i su naturaleza, mediante sus caractéres físicos, i por estos conocimientos adquiridos, escojer el vidrio terroso que se juzgue mas propio para determinar la fundicion, evitando emplear una cantidad supérflua de este vidrio. Para las materias que contienen mucha sílice, se tomará el vidrio básico C^2AS^3; para las materias terrosas no calcáreas, se tomará el mismo vidrio con exceso de cal; i en fin, para las materias que contienen poca sílice i mucha cal, se tomará un vidrio saturado de sílice, que contenga poca cal, CAS^6. Ademas de los flujos de que se acaba de hablar, se emplean todavía en los ensayes de hierro los flujos que se van a citar; i aun algunos de éstos son los que se emplean mas a menudo; pero no son jenerales, i cada uno de ellos no puede emplearse sino en un cierto número de casos particulares. Estos flujos son:

1.° El carbonato de sosa;
2.° El carbonato de cal;
3.° La dolomia;
4.° La alumina;
5.° La arcilla blanca;
6.° El cuarzo;
7.° Algunas veces el espato fluor.

§ II—APLICACIONES I EMPLEO DE LOS FLUJOS.

(A) *Materias de la primera clase.*

Se pueden ensayar las materias de esta clase que contienen hierro, i son casi puras, sin agregar ningun flujo, porque las mas veces las materias estrañas, que se hallan en mui corta cantidad en ellas, son fusibles: sin embargo, es mejor agregar un flujo, i así estamos siempre mas seguros del buen éxito del ensaye, porque la escoria sirve para reunir en una sola esferilla todas las granallas de hierro colado, de las que algunas pudieran disemi-

narse en la brasca. El mejor flujo para esto es un silicato térreo fusible.

Ejemplos:

Hematita amarilla de Longwy.

10 gr. mineral crudo=mineral calcinado		8,78
1 bórax — —		1,00
		9,78
Han producido hierro colado	6.15	Todo 6,95
Escoria	0,80	

Mineral magnético de la plata.

10 gr. Mineral crudo=Mineral calcinado		10,00
2 Vidrio térreo		2,00
		12,00

Han producido:

Hierro colado	7,20	total 9,30
Escoria	2,10	
Oxíjeno		2,70
Flujo añadido	2,10	
Materias estrañas	0,10	

El hierro colado era gris i semiductil; la escoria, vítrea, sin color, trasparente, sin indicio de titano.

(B). *Materias de la segunda clase.*

Para fundir las materias cargadas de sílice, que constituyen esta clase, se pueden emplear el carbonato de sosa, una mezcla de carbonato de cal i de alumina o arcilla, o bien una mezcla de carbonato de cal i de dolomia.

Ejemplos:

Hierro olijisto de la Roche-Bernard.

10 gr. Mineral crudo=Mineral calcinado		10,00
1.5 Carbonato de cal=cal		0,85
6 gr. dolomia	Cal	1,84
	Magnesia	1,29
		13,98

Han producido:

Hierro colado.............	4,10 }	12,03
Escoria...................	7,93 }	
Oxíjeno..........................		1,95
Flujos añadidos...........	3,98	
Materias vitrificables......	3,95	

Mineral magnético de Villefranche.

10 gr. mineral crudo=mineral calcinado....	10,00
1,5 Carbonato de sosa=fundido........	1,50
	11,50

Han producido:

Hierro colado.............	6,10 } todo....	8,10
Escoria...................	2,00 }	
Pérdida..........................		3,40

Se ve que se han volatilizado los dos tercios de carbonato de sosa.

(C). *Materias de la tercera clase.*

Los minerales de hierro que pertenecen a esta clase, son los mas comunes en la naturaleza. Todos se funden mui bien, agregando una proporcion de cal comprendida entre la mitad i las tres cuartas partes del peso de las materias mezcladas con el óxido de nierro. Se puede tambien ensayarlos con el carbonato de sosa; pero entónces no podemos verificar la exactitud de la operacion.

Ejemplos. *Mineral hidratado compacto de Ernée* (Francia).—Este mineral pierde por calcinacion 0,106 de agua, i deja en el ácido muriático 0,066 de cuarzo o de arcilla.

10 gr. Mineral crudo=Mineral calcinado...	8,94
0,44 Carbonato de cal=Cal.............	0,24
	9,18

Han producido:

Hierro colado.............	5,81 }	6,76
Escoria...................	0,95 }	
Oxijeno..........................		2,42
Flujo añadido...........	0,24	
Materias vitrificables......	0,71	
Materias insolubles........	0,66	
Materias solubles.........	0,05 (alumina).	

Otro mineral hidratado en granos redondos de color pardo amarillento, con mucho óxido de manganesa.

Pierde por calcinacion.... 0,166		
Deja en el ácido muriático. 0,435		
10 gr. Mineral crudo=Mineral calcinado..		8,34
3 Carbonato de cal=Cal.............		1,68
		10,02
Han producido:		
Hierro colado.............	1,55	
Escoria..................	1,84	total... 9,39
Oxíjeno...........................		0,63

(D). *Materias de la cuarta clase.*

Para ensayar las materias que no pueden fundirse por falta de una cantidad suficiente de sílice, tenemos que agregar una cierta proporcion de cuarzo en polvo; pero es casi siempre necesario agregar al mismo tiempo, sea cal, sea otra base i a veces dos bases a un mismo tiempo. Los hierros espáticos, que contienen mucha manganesa, se funden mui bien con adicion de cuarzo solo: los que al contrario contienen mucha magnesia, necesitan al mismo tiempo cierta cantidad de cal. Cuando los hierros espáticos se hallan mezclados con algun criadero pedregoso, se determina la proporcion de éste, atacando el mineral por el agua réjia; i se añade tanto ménos sílice cuanto mas cuarzo hai en el criadero: en cuanto al carbonato de cal, conviene emplear de éste flujo un peso igual al peso del criadero i del cuarzo añadido. Los minerales que contienen mucha alumina, necesitan una mezcla de sílice i de cal: los hierros titánicos se funden mejor, agregando un poco de alumina o de magnesia al mismo tiempo que se añaden cal i sílice. En fin, los minerales mui cargados de cal, se funden a veces mui bien, añadiendo solo sílice, porque contienen casi siempre cierta cantidad de alumina o de cualquiera otra base.

Hierro espático:—Pierde por calcinacion..		0.345
10 gr. Mineral crudo=Mineral calcinado..		6,55
1 cuarzo en polvo.....................		1,00
		7,55
Han producido:		
4,00 hierro colado...........		
1,86 escoria..................	......	5,86
Oxíjeno.........................		1,69

Ejemplos.

Hierro titánico:

10 gr. Mineral crudo=Mineral calcinado	10,00
15 Arcilla blanca	15,00
Carbonato de cal=Cal	5,60
	30,60

Han producido:

Hierro colado	2,50	total	29,70
Escoria	27,20		
Oxíjeno			0,90

(E). *Materias de la quinta clase.*

Siendo estas materias fusibles por sí solas se ensayan sin adicion de algun reactivo.—Hé aquí algunos ejemplos:

Mineral hidratado de las inmediaciones de Longwy.—De color pardo de ocre, compacto o poroso, mezclado con fragmentos de piedra caliza.

Pierde por calcinacion 0,196 de agua i ácido carbónico.
El ácido acético le quita 0,148 de carbonato de cal;
Deja el ácido muriático 0,145 de arcilla.

10 gr. Mineral crudo=Mineral calcinado	8,04

Han producido:

Hierro colado	4,20	total	6,40
Escoria	2,20		
Oxíjeno			1,64
Materias insolubles	1,45		
Materias solubles	0,75		

Granate de Framont.

10 gr. mineral crudo=mineral calcinado	9,50

Han producido:

Hierro colado	1,82	total	8,74
Escoria	6,92		
Oxíjeno			0,76

Ensaye de los minerales de hierro por la via húmeda.—La imperfeccion de los ensayes de hierro por la vía seca i la importancia que cada dia mas toma la metalúrjia de este metal, han obligado a los químicos a inventar un método por la via húme-

da análogo a los que se han descrito para los ensayos de cobre i de plata. El método de Marguerite tiene por base la accion mutua de permanganato de potasa (camaleon mineral) i de las sales de protóxido de hierro. Se sabe que con cierta cantidad de protóxido de hierro se destruye otra cantidad que le corresponda, de permanganato de potasa. El método, pues, consiste en añadir por pequeñas cantidades i por gotas, a una disolucion de hierro reducida a su mínimum de oxidacion, una disolucion *titulada* (es decir de grado de concentracion determinado) de permanganato de potasa hasta que el licor principie a tomar un cierto color que tira a rosado, lo que ya sirve de indicio que todo el hierro ha pasado al estado de peróxido. Por el volúmen de la disolucion titulada empleada en transformar todo el protóxido de hierro en peróxido, se conoce la cantidad de protóxido de hierro i en seguida la de hierro.

Se prepara el licor *normal* de permanganato de potasa de manera que se necesitan 30 centímetros cúbicos de dicho licor para pasar un gramo de protóxido de hierro, disuelto, al estado de peróxido. Para ensayar el licor normal se toma un gramo de hierro puro, por ejemplo, un gramo de que se hacen cuerdas finas para piano i se le disuelve en ácido clorhídrico puro concentrado; a esta disolucion se agrega agua recien acabada de hervir, hasta que forme un litro; i se le añade gota por gota con una pipeta graduada el licor de permanganato. Al momento en que la disolucion empieza a tomar un lijero matiz rosado, se ve en la pipeta el número de divisiones empleadas.

Para proceder al ensaye de un mineral de hierro se toma un gramo del *comun* de este mineral bien molido, reducido en un almirez de ágata a polvo impalpable, i se hace hervir el polvo con unos 20 gramos de ácido clorhídrico puro; se agrega agua, i en seguida se introduce en la disolucion que no debe ser mui débil, unos 5 a 6 gramos de zinc o bien 4 gramos de sulfito de sosa, para reducir todo el hierro al estado de protóxido. Se filtra lijero el licor en caso de necesidad, cuando hai mucho resíduo, o que se divisen partículas metálicas de cobre i se proceda luego a verter en esta disolucion con la pipeta graduada (que se debe llenar hasta la raya marcada con el cero de la graduacion) el licor normal de permanganato, hasta que aparezca en la disolucion la coloracion pálida rosada. El número de las divisiones de la pipeta empleadas en este caso, comparado con el que se ha gastado anteriormente en el ensaye del *licor normal* de permanganato por un gramo de hierro metálico puro, nos da inmediatamente la proporcion del hierro contenido en un gramo de mineral ensayado.

CAPITULO XII.

Estaño.

SECCION PRIMERA.

Propiedades del estaño.

El estaño es mui maleable i ductil, blando, no elástico, poco tenaz; al doblarse produce cierto crujido. Es el mas fusible de todos los metales que se usan en las artes: se funde mucho ántes de llegar al rojo (212 a 228°), i al rojo blanco da vapores sensibles. Es un metal electronegativo, parecido por sus propiedades químicas al antimonio i titano. Su densidad 7,29.

Se conserva mui bien al aire seco o húmedo a la temperatura ordinaria, pero se oxida mui pronto mediante el calor; al rojo blanco se enciende; descompone el agua al calor rojo i se transforma en ácido estánico.

El ácido clorhídrico lo disuelve con desprendimiento de hidrójeno: del mismo modo, aunque con mas lentitud, lo ataca el ácido sulfúrico mui débil, pero el concentrado i caliente lo ataca con mucha enerjía, con desarrollo de ácido sulfuroso i formacion de sulfato de protóxido. El ácido nítrico de 50° no lo ataca; el de 40° lo oxida fácilmente, con desprendimiento de deutóxido de azoe i dejan un residuo de deutóxido de estaño blanco; el ácido mui débil de a 15° lo disuelve sin desarrollo de gas alguno, formándose a un tiempo nitrato de amoniaco. Si se calienta el metal con una disolucion concentrada de potasa o sosa, se disuelve i forma un estañato alcalino, con desarrollo de hidrójeno. Se combina directamente con el azufre, el fósforo, el arsénico, el cloro, etc., mediante calor. Su átomo 733.294. Sn.

Los óxidos son reductibles por el carbon, hidrójeno o azufre a una temperatura poco elevada: tambien por el hierro a 60° partes; calentándolos con sal amoniaco, se volatiliza una gran parte de estaño. El *protóxido* es fusible; unas veces gris, otras veces amarillento; su hidrato, blanco; mui oxidable; soluble en los ácidos i álcalis fijos, pero no en el amoniaco. Se forma precipitando el protocloruro por el amoniaco: contiene 0,880 de estaño. El *deutóxido o ácido estánico* SnO^2 existe en dos estados isoméri-

cos: en el primero, cuando se ataca el estaño por el ácido nítrico, i en el segundo cuando se descompone el percloruro por el agua o un estañato soluble por un ácido. El primero que lleva el nombre de ácido *metastánico* es el que existe en la naturaleza; es insoluble en el agua i los ácidos sulfúrico i nítrico diluidos, pero sí en una disolucion de potasa; el segundo, que es estánico es soluble fácilmente en los ácidos sulfúrico i nítrico diluidos; su hidrato disecado en el vacío tiene un equivalente de agua por uno de ácido, pero con mui poco que se eleve la temperatura pasa a la modificacion de metastánico, aun sin perder su agua: satura 4 veces mas base que el ácido metastánico. Se conocen muchos óxidos de estaño, comprendidos entre el protóxido i deutóxido.

Las sales de protóxido absorven prontamente oxíjeno del aire i reducen al *mínimum* de oxidacion las sales de los metales mui oxidables; sus disoluciones se enturbian por el agua si no contienen ácido muriático en exceso. Dan precipitado blanco por los álcalis i carbonatos alcalinos; pardo, por el hidrójeno sulfurado; igual por el hidrosulfato, soluble en su exceso. Las *disoluciones de deutóxido* dan tambien precipitado blanco por los álcalis i sus carbonatos, insoluble en un exceso de amoniaco; amarillo pálido sucio, por el hidrójeno sulfurado, igual por los hidrosulfatos, soluble en un exceso de ellos.

Se conocen tres *súlfuros de estaño*, el *protosúlfuro* es de un gris de plomo, un poco ménos fusible que el metal, inalterable por el calor; soluble en el ácido muriático con desarrollo de hidrójeno sulfurado. Fórmase por la via seca, cuando se hace calentar hasta el rojo una mezcla de limadura de estaño i de azufre. El *bisúlfuro*, conocido bajo el nombre de *oro musivo*, de color amarillo de laton; en masas escamosas; al calor rojo pierde la mitad de su azufre ántes de fundirse; no es inatacable por los ácidos muriático i sulfúrico i difícilmente por el ácido nítrico. Es el que se forma cuando se hace precipitar una disolucion de deutóxido por el hidrójeno sulfurado; o bien cuando se destila una mezcla de protosúlfuro con amalgama de estaño, azufre i sal amoniaco.

Hai dos *cloruros* de estaño que corresponden a sus dos óxidos. Se obtiene el protocloruro disolviendo el estaño en el ácido clorhídrico i evaporando el licor. Es soluble en una corta cantidad de agua, pero si es algo considerable, se descompone i da un ácido insoluble; en una retorta, si se calienta hasta el rojo, destila sin alterarse. Es mui ávido de oxíjeno: lo quita a un gran número de óxidos, precipita de sus disoluciones la plata i el mercurio al estado metálico. El *deutocloruro* se obtiene tratando al estaño por un exceso de cloro, o calentando en una retorta de vidrio una mezcla de una parte de limadura de estaño i 5 partes de sublimado corrosivo. Es líquido, sin color, trasparente; esparce al aire humos blancos mui espesos; hierve a 120°. El agua pura en gran cantidad precipita el ácido estánico hidratado; pero es soluble en agua acidulada con ácido muriático.

El hierro i zinc precipitan estaño metálico de sus disoluciones.

SECCION SEGUNDA.

Minerales i productos de las artes.

Las únicas especies minerales que contienen estaño, son el *óxido* i el súlfuro: mas el súlfuro es tan raro que se considera como mineral de cobre, i no se beneficia por estaño.

El *óxido* se encuentra en vetas, guias i las mas veces en partículas mui finas diseminadas en el granito u otras rocas primitivas: tambien se encuentra en arena i terrenos de aluvion que provienen de la destruccion del terreno primitivo. Se halla acompañado con las piritas arsenicales, súlfuro de molibdeno i con el tunstato de hierro (wolfran).

El óxido nativo es de color pardo rojizo, pardo de pelo, a veces negro, gris amarillento, verdoso, etc.; algunas veces traslucíente, pero las mas veces opaco. Es duro, agrio; fractura concoidea, estructura compacta o granuda: su polvo blanco o parduzco. Su peso específico 6,5 a 6,7 o 6,96. Cristaliza en prismas rectos cuadrados. Al soplete, sin adicion, es infusible; sobre el carbon, se reduce completamente, cuando es puro: la reduccion se hace mas fácil añadiendo sosa, i todavía mas fácil, agregando al mismo tiempo un poco de bórax. En el bórax se disuelve mui lentamente i en corta porcion formando un vidrio trasparente, que no cambia despues de frio: cuando tiene titano, este vidrio se pone *opaco al arder*. En la sal de fósforo, se disuelve tambien poco i lentamente. Es mui raro encontrar el óxido de estaño perfectamente puro; i casi siempre está mezclado con peróxido de hierro, óxido de manganesa i óxido de tántalo. No es atacable por los ácidos. Consta de

Estaño	0,7867
Oxijeno	0,2133
	1,0000

Las minas mas considerables de estaño se hallan en Cornwal, en Inglaterra, en Bolivia i en la península de Malaca en Asia; se ha encontrado tambien óxido de estaño en Guanajuato en Méjico, i en el Perú.

El estaño de lavadero es estalactítico, en piedras rodadas, en bolas i riñones; su superficie poco lustrosa; estructura fibrosa en fibras mui sutiles, rectas i diverjentes, i pasa a compacta i astillosa: el de Guanajuato tiene 5 por ciento de óxido de hierro.

Los minerales de estaño de Bolivia no se parecen por sus caractéres esteriores a los de Cornwal, casi todos amorfos i no se hallan en ellos cristales tan hermosos i completos como los de las minas del antiguo continente. Un mineral de Guanani casi enteramente compuesto de óxido de estaño consta de una masa po-

rosa, cavernosa, cubierta por fuera i en el interior de las concavidades de mui pequeños cristalitos mal formado, lustrosos de color gris negruzco algunos traslucientes. Otra variedad, que producen las minas de Oruro es homojénea, compacta, de fractura plana notable por su gran tenacidad, densidad i dureza, de color pardo musco i de claro oscuro, de poco lustre que tira al de resina, completamente inatacable por los ácidos; contiene 0,036 de sesquióxido de hierro i 0,035 de sílice. Las demas variedades de minerales mas comunes que se estraen de las minas de Oruro i de varias otras de Bolivia, son unas masas mui heterojéneas, ocraceas o cuarzosas, mui parecidas a los minerales mas comunes de hierro pardo arcilloso; en estas masas se ven materias pardas i negruzcas de diversas materias revueltas i toscamente mezcladas. En medio de ellas el óxido de estaño forma en algunos huecos i rendijas cristalitos de óxido estaño mal formados, incompletos sin lustre, negros, de color pardo castaño.

El estaño de lavadero (de aluvion) de Guanani consta de unos guijarros de color negro mui irregulares, lisos, por dentro de estructura granuda.

Estanina (súlfuro de cobre i de estaño). En las piritas estaníferas de las minas de Guanani he reconocido la presencia de esta especie que hasta ahora no se habia hallado sino en Huel-Roch (Cornwal) i en corta cantidad en Zinnwald. Es amorfa de color gris de acero que tira a amarillo en la fractura antigua, o bien algo a verdoso; su estructura es granuda; mui atacable por el ácido nítrico con formacion de un abundante resíduo blanco. La de Guanani consta de

Estaño	28,2
Hierro	23,2
Cobre	22,9
Azufre	27,5

Se halla mezclada con la pirita i por esto su composicion variable.

Productos de las artes.

Estaño del comercio.—El estaño de Banca i de Malaca i el de primera calidad de Inglaterra son perfectamente puros: el estaño ordinario contiene un poco de cobre, plomo i casi siempre un poco de arsénico, de tunsteno, etc.

Minerales lavados.—Los minerales de estaño se muelen, i se someten al lavado ántes de fundirlos; i como el óxido es mui pesado, casi no se pierde nada en esta operacion: mas, la parte lavada contiene siempre una porcion de pirita arsenical, hierro titánico, wolfran, etc., i no produce mas que 40 a 50, a veces 70 por ciento de estaño.

Escorias.—Las escorias que provienen de la fundicion de los minerales de estaño en los hornos de manga, contienen a veces

hasta 30 por ciento de estaño, i proporcion considerable de sílice, con óxido de hierro, algo de cobre, cal, óxido de tunsteno i pequeña granalla de estaño. El estaño que se estrae de las escorias es siempre mui impuro.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

Las materias estañíferas que se ensayan por la via seca, contienen todas el estaño al estado de óxido: estos son los minerales crudos i las escorias de toda clase. Pero, creemos conveniente ademas dar a conocer los modos de ensayar i analizar las aleaciones mas conocidas.

§ I.—MATERIAS OXIDADAS.

Aunque el óxido de estaño es completamente reductible por el carbon al calor blanco, tiene tal afinidad con la sílice, que cuando está en presencia de esa sustancia, no se puede reducir al menos en totalidad, sino a la temperatura mas elevada de los hornos de reverbero: de allí proviene la necesidad de hacer todos los ensayes de estaño, como los de hierro, al calor de 150° poco mas o ménos.

Flujo. *Temperatura baja.*—Cuando se calienta una materia estañífera con un flujo reductible a la temperatura de 50 a 60° p., se obtiene cierta cantidad de estaño, si la materia es rica; pero queda en la escoria una proporcion de este metal tanto mayor cuanto mas pobre es la materia, i cuanto mas flujo se emplea; de suerte que en un ensaye de esta clase, podria suceder, que unos minerales bastante ricos para ser tratados en grande con utilidad, no diesen estaño. Este era, sin embargo, el procedimiento que empleaba la mayor parte de los antiguos docimasistas: Schlutter fundia las materias estañíferas a la temperatura de los ensayes de plomo con 6 partes de flujo crudo o 4 partes de flujo negro i ½ parte de resina: Cramer se servia del flujo negro: Bergman empleaba 2 partes de crémor, 1 parte de flujo negro i ½ parte de resina: otros mezclaban 2 partes de flujo negro con ½ parte de bórax i ½ parte de resina, o 1 parte de bórax con 1 parte de pez.

Oxido puro. Berthier ha hecho con este objeto algunos esperimentos, cuyos resultados son los siguientes:—El óxido de estaño puro da 0,72 de metal con 4 partes de flujo negro ordinario en un crisol sin brasca, i 0,71 con ½ parte de carbonato de sosa en un crisol de brasca. Se obtiene ménos en los crisoles sin brasca que en los otros, probablemente porque el álcali del flujo atacando la arcilla del crisol, forma un silicato que retiene en combinacion una cierta cantidad de estaño.

Un mineral de 0,70 de estaño metálico, da 0,62 de metal con ½ parte de cabonato de sosa en un crisol de brasca; 0,51, con ½ parte de bórax vitrificado en un crisol semejante al primero; 0,75, con 4 a 8 partes de flujo negro; 0,60 con 3 partes de tartrato de potasa o ½ parte de carbonato de sosa i 1/6 de carbon en un crisol ordinario. Como se ve, hai mucha ventaja en emplear un exceso de carbon i la menor proporcion posible de fundiente. *Minerales ricos.*

Las mezclas siguientes del mismo mineral i de cuarzo en polvo

Mineral........................	10—10—10—10—10
*Cuarzo........................	2,5—6,6—10—15—30

Influjo de la sílice.

calentadas con 4 veces su peso de flujo negro, han prrducido: la 1.ª 0,52 de estaño; la 2.ª 0,43; la 3.ª 0,28; la 4.ª 0,10 i la 5.ª no ha dado nada. Las escorias por consiguiente retienen 1/40 a 1/60 de óxido de estaño, i tanto mas cuanto mas sílice contienen.

Las escorias que provienen del beneficio de los minerales, no producen nada con el flujo negro. De esto se sigue que este modo de ensayar es mui defectuoso, i que no conviene emplearlo cuando se quiere determinar la proporcion de estaño; pero pueden servir útilmente, cuando uno se propone solamente estraer de un mineral la mayor parte de estaño puro. Si se opera sobre una gran cantidad de mineral, hé aquí cómo se debe proceder. Se reduce el mineral a polvo fino, se mezcla con cerca de una décima parte de su peso de carbon; i se lo calienta por una hora o dos, en un crisol de brasca, con fuerte calor blanco; se transforma entónces el mineral en una masa metálica granuda, arenosa; se muele esta masa i se la funde en un crisol ordinario con la mitad de su peso de carbonato de sosa o de potasa. Así se obtiene un residuo de estaño puro; i los metales estraños, tales como el hierro, el tungsteno, etc., quedan en la escoria con cierta candidad de óxido de estaño. Un mineral que contenia 0,70 de este metal, ha dado fácilmente 0,55 por este medio. *Estraccion de estaño puro.*

Otro procedimiento análogo.—15 gramos de mineral íntimamente mezclados con 1 gramo de carbon i con 8 a 15 gramos (segun la riqueza del mineral) de carbonato de sosa, se funden en un crisol de *brasca* Al boton metálico se añade la granalla que se estrae de la escoria partiéndola i reduciendo a polvo con cuidado. Si se aumenta la proporcion de carbon, ménos se pierde en la escoria, pero el estaño sale impuro i puede contener hasta 3 i 4 i a veces 10 por ciento de hierro.

Se puede tambien principiar por calentar primero a la temperatura algo mas elevada que el calor rojo sombrío el mineral, mezclado con la quinta parte de su peso de carbon, en un crisol de brasca por 20 minutos; se deja enfriar el crisol; se cubre la materia con una cantidad de carbonato de sosa de igual peso al del mineral i se vuelve a calentar el todo, aumentando la temperatura al calor rojo, hasta la completa fusion de las escorias.

Se obtiene de este modo estaño mas puro i menor pérdida en la escoria (Rivot).

Temperatura alta.—Antes de ensayar un mineral de estaño, se acostumbra someterlo a una operacion preparatoria análoga a la que se hace en grande. La mayor parte de los docimasistas prescriben tostar el mineral, añadiendo el quinto de su peso de carbon, i lavarlo en seguida por decantacion, ajitando el resíduo en un vaso alto i estrecho, decantando el agua despues de algunos minutos de reposo, i reiterando esta maniobra hasta que el líquido cese de enturbiarse. Esta operacion tiene por objeto separar las materias piritosas i arsenicales, las cuales podrian unirse con el estaño durante la fusion; pero las mismas sustancias, siendo solubles en el agua réjia, se pueden separar del mineral, haciéndolo hervir por algun tiempo con un pequeño exceso de este ácido: se agrega agua, se filtra i se lava el resíduo; despues se lo hace secar con precaucion en el filtro, se separa la materia, se quema el papel i se calcina todo para espeler una pequeña cantidad de azufre, que ha quedado libre por la accion del agua réjia. De este modo el mineral se halla completamente purificado sin que se pierda la mas pequeña cantidad de estaño: miéntras que, lavando, es casi imposible evitar que algunas partículas finas de óxido de estaño se vayan con las materias lijeras que el agua retiene en suspension.

Preparado una vez el mineral, sea por fundicion i lavado, sea por la ebullicion con agua réjia, se funde en un crisol de brasca con adicion del flujo conveniente, a la temperatura de 150° p, del mismo modo que se hacen los ensayes de hierro. El flujo que se ha de agregar, pende de la naturaleza de los crisoles. Hai dos, sin embargo, que pueden servir para todos los casos; i estos dos flujos son el borax i el carbonato de sosa, empleados en la proporcion de 0,30 a 0,40, cuando mas. Se concibe por qué se puede emplear el bórax en todos los casos, pues que se sabe que esta sal tiene la propiedad de fundirse con las materias térreas de toda naturaleza. En cuanto al carbonato de sosa, aunque no tiene la misma propiedad, puede siempre servir de fundiente para los minerales de estaño, porque el criadero de estos minerales contiene siempre un gran exceso de sílice.

Pero, estos dos flujos, siendo volátiles, no permiten que se verifique con exactitud el resultado del ensaye; i por consiguiente obligan a hacer dos, a fin de que se pueda comprobar el uno por el otro. Cuando se trata de adquirir la mayor seguridad posible, es mejor emplear fundientes fijos como para los ensayes de hierro; i estos fundientes pueden ser: 1.° los vidrios térreos mui calcáreos, 2.° el carbonato de cal i de dolomia, segun la naturaleza del criadero. En cuanto a la proporcion en que se debe emplear cada uno de estos fundientes, no se puede determinar del mismo modo que para los minerales de hierro, porque el óxido de estaño es inatacable por los ácidos; i por esto, solo aproximativamente se puede saber la cantidad de su criadero, sea por el peso específico del mineral, sea examinando dicho

mineral con un gran lente, para reconocer la naturaleza i la abundancia de las sustancias pedregosas con que está mezclado, sea, en fin, haciendo un ensayo preliminar con bórax. Algunos minerales se funden tambien sin adicion, por contener en sus criaderos sílice con cal i magnesia en proporcion necesaria para formar silicatos fusibles.

Las escorias que provienen de la fundicion de los minerales, sea en el horno de reverbero, sea en el horno de manga, se funden casi todos sin adicion; pero entónces retienen una gran proporcion de hierro i puede ser de óxido de estaño: para determinar exactamente la proporcion de los metales, es menester añadir 0,15 a 0,30 de su peso de carbonato de cal, segun que las escorias sean ricas o pobres.

Ejemplo:

10 gramos escoria			10,00

Fundidos sin adicion dieron:

Aleacion	1,54	total	9,36
Escoria	8,72		
Oxíjeno			0,64

La aleacion era quebradiza, i contenia los dos tercios de su peso de hierro; la escoria, vítrea, de un verde de botella.

10 gramos de la misma escoria	10,00
2 carbonato de cal=cal	1.12

Dieron:

Aleacion	2,10	total	10,32
Escoria	8,22		
Oxíjeno			0,80

La aleacion era quebradiza; la escoria, vítrea, de un verde pálido.

A mas del boton metálico que se obtiene en un ensaye, hai siempre cierta cantidad de granalla en la superficie de la escoria. Para recojerla, se muele i se pasa el polvo por el tamiz de seda: si el metal es maleable, queda en pequeñas láminas en el tamiz: si es quebradizo, pasa al traves con el polvo de la escoria; pero en este caso, siendo muchas veces magnético, se recoje mediante una barra magnética; i cuando no se puede emplear este medio, se lava con grande precaucion en una tablilla con la corriente de un hilo delgado de agua.

Método empleado en Inglaterra.—Se hace una mezcla de

30 gramos de mineral molido con 6 gramos de antracita, 8 a 10 gramos de bórax fundido i 3 gramos poco mas o ménos de sal comun seca; se eleva lentamente el calor hasta el calor rojo claro en un horno análogo al que se usa para ensayes de cobre. En ménos de 20 minutos, ya la materia está fundida i se vácia el crisol en un molde. Separado el boton principal de estaño, se muele en un almirez la escoria i se vuelve a fundirla, con el mismo boton, en un cucharon de hierro, evitando el elevar la temperatura a mas de lo estrictamente necesario para que la escoria alcalina adquiera una fluidez completa. Se vierte entónces el todo en un molde de mármol i se juzga de la pureza del estaño por su color, lustre i el crujido que produce el metal cuando se lo comprime i se lo dobla.

El procedimiento es análogo al que se emplea en grande para la estraccion del estaño de sus minerales: por esta razon el ensaye, apesar de que se pierde 15 a 20 por ciento de metal en la escoria, da con poca diferencia por resultado una lei que corresponde a lo que se obtiene de los beneficios en grande, en que se pierde tambien de 15 a 20 por ciento de metal en las escorias.

Método de Levol. En los *Anales de química* (enero de 1857) Levol propone dos métodos para el ensaye de los minerales de estaño.

1.° Principia por hacer hervir 5 gramos de mineral con agua réjia, i en seguida, lavado i calcinado el resíduo, lo mezcla con 1 gramo de carbon de azúcar blanca, lo cubre con 0gr5 del mismo carbon i se pone esta mezcla en un pequeño crisol de porcelana por un cuarto de hora al calor de la mufla de un horno de copelacion. Sácase del crisol la materia i despues de haberla calentado con agua réjia se filtra i se lava con agua acidulada con ácido clorhídrico. Se introduce en seguida en el licor una hoja de zinc puro, colgada de un hilo de platina, sobre la cual en el acto precipita el estaño cristalizado lustroso i se espera hasta que todo el zinc se disuelva. Si al introducir otra hojilla de zinc no se forma en ella depósito de estaño, se da por concluida la operacion, se recoje, se lava i se seca el metal, i para reunirlo en un solo boton se funde en un crisolito de porcelana con sebo. Este procedimiento es de ejecucion fácil i puede servir para reconocer el mineral de estaño que por lo comun, como ya he dicho, cuando no es cristalizado, carece de caractéres esteriores que lo puedan distinguir de varias otras materias ferrujinosas. Sin embargo, difícil seria obtener la totalidad de metal por este procedimiento, aun volviendo a calcinar con carbon los resíduos i repitiendo el tratamiento de la materia calcinada por el ácido muriático dos o tres veces, por la dificultad con que se reduce el óxido nativo de estaño en el interior de las partículas del mineral i probablemente por la presencia de sílice. En todo caso es indispensable hacer hervir el mineral con el agua réjia, i en seguida hacer dijerir la parte insoluble en el amoniaco, ántes de someter el mineral a la calcinacion con carbon, a fin de librar la materia de wolfran i de sulfoarseniuro de hierro que acompañan casi siempre el estaño.

2.° El segundo procedimiento propuesto por Levol consiste en tomar 10 a 20 gramos de mineral i despues de haberlo calentado con la misma proporcion de carbon como ántes, se agrega, sin sacar la materia del crisol 1.5 partes de cianuro de potasio pulverizado i se calienta el todo por cinco minutos mas, al calor rojo cereza: hallamos entónces el metal reducido en el fondo del crisol i las escorias sin granalla.

§ II.—Estaño del comercio i diversas aleaciones.

No hai medio alguno para determinar por la vía seca la proporcion de estaño contenida en una aleacion; i es menester valerse para esto de la vía húmeda. Hé aquí los métodos que conviene seguir para analizar las aleaciones mas importantes.

Aleaciones ferrujinosas.—El hierro, el tungsteno, etc., se reducen por la vía seca así como el estaño; los productos de los ensayes son casi siempre aleaciones que es preciso analizar, si se quiere conocer la proporcion exacta de estaño. El análi is de estas aleaciones es difícil: hé aquí como puede hacerse. Cuando la aleacion es maleable, se reduce a hojas, las mas delgadas posible, o bien se pulveriza i tritura, cuando es quebradiza: despues, se hace hervir con ácido muriático concentrado i puro, hasta que este ácido cese de obrar en el resíduo. La disolucion contiene estaño i hierro: se precipita el estaño por medio del gas hidrójeno sulfurado, se recoje el depósito, se trata por el ácido nítrico, se evapora hasta sequedad i se calcina el resíduo que se halla transformado en deutóxido de estaño. Se hace hervir el licor muriático, que contiene hierro, con ácido nítrico, para peroxidar este metal; i se precipita el óxido de hierro por el carbonato de amoniaco. El residuo de la aleacion que no se ha disuelto en el ácido muriático, es de tungsteno que contiene algunas veces un poco de hierro: se puede determinar la proporcion de éste, calentando el depósito con dos veces su peso de salitre en un crisol de plata i lavándolo con agua: el tungsteno se disuelve, i el óxido de hierro queda puro.

Cuando la aleacion contiene mucho hierro, es ménos atacable por el ácido muriático que cuando el estaño predomina: entónces es necesario, para disolver esta aleacion, prolongar la accion del ácido muriático durante algunas horas; i en este caso una porcion de tungsteno se oxida, dando al licor un color azul oscuro. Conviene en tal caso principiar por fundir la mezcla con su peso de estaño i cierta cantidad de bórax, para preservarla de la accion del aire i analizar en seguida la nueva aleacion, como se ha dicho.

Las aleaciones de estaño contienen algunas veces, ademas del hierro i del tungsteno, arsénico i azufre: el azufre se desarrolla totalmente al estado de hidrójeno sulfurado, en el tratamiento por el ácido muriático, i el arsénico, en parte solamente, al estado de hidrójeno arseniado: el exceso queda en el resíduo insoluble con el ácido muriático. Para determinar estas sustancias, es

menester hacer pasar los gases en un licor que contenga sulfato de cobre sobresaturado de amoniaco, recojer el depósito de sulfuro i arseniuro de cobre, que se forma, i analizarlo. En este caso, la operacion es complicada, i no se puede ejecutar sino en los laboratorios en que se trata especialmente de investigaciones científicas.

Alcacion de estaño i cobre.—Se ataca por el ácido nítrico puro i se evapora toda la materia en una cápsula de platina hasta que el resíduo quede bien seco; se lo calienta todavia por algun tiempo en la llama de una lámpara de alcohol i en seguida se trata la materia por el ácido nítrico débil hasta que se disuelva todo el óxido de cobre i cesen las aguas aciduladas del lavado de tomar color azulejo por el amoniaco. Queda sin disolverse el ácido estañíco. Calcinado este ácido, si despues de calcinado, no tiene color rojizo, lo que indicaria la presencia de hierro puede considerarse como puro i de su peso se deduce la proporcion de estaño contenido en la aleacion.

Estaño del comercio.—Los estaños del comercio pueden contener cobre, plomo, hierro i arsénico. Para determinar el cobre i el plomo, se lamina el estaño, i se trata por el ácido nítrico puro caliente, hasta que esté completamente oxidado; se evapora el licor hasta sequedad, se agrega agua, se filtra, i se calcina el resíduo. Si este resíduo es blanco, consta de óxido de estaño puro; pero por poco hierro que contenga, tiene un color mas o ménos amarillo. Se evaporan en seguida los licores nítricos hasta sequedad, i se calcina el resíduo en una cápsula de platina, cuyo peso sea conocido; se vuelve a disolver este resíduo en ácido nítrico puro; se precipita el plomo en la disolucion por el ácido sulfúrico; i despues, el cobre, por una lámina de hierro o por la potasa cáustica. Para determinar la cantidad de hierro i de arsénico, se disuelve otra porcion de estaño en el ácido muriático, i se prosigue la operacion como ántes.

Cuando el estaño no contiene plomo, se puede tambien atacarlo por el ácido muriático concentrado, para disolver el estaño i el hierro; pero, es menester parar la accion del ácido, ántes que la totalidad del ensayo se disuelva, porque de otro modo el cobre se disolveria al mismo tiempo. Se lava bien el resíduo, se lo trata por el ácido nítrico puro, etc. De este modo se puede determinar en una sola operacion el cobre i el hierro.

Los compradores de estaño juzgan de la pureza de este metal de tres modos:

1.° Por el crujido que hace oir, i que es tanto mayor cuanto mas puro es el metal.

2.° Haciendo fundir en un mismo molde balas de diversas aleaciones, i comparando entre sí los pesos de las balas: en este caso se consideran como mas puras las que son mas lijeras: pero este medio no da sino resultados mui inciertos, i está casi jeneralmente abandonado.

3.° Por el aspecto que presenta la superficie del estaño en el momento en que se solidifica: para esto, funden una cierta can-

tidad de estaño a una temperatura conveniente, mui baja i casi siempre la misma, i lo vacian en una cavidad hemisférica de 1 a 2 centímetros de diámetro: cuando está solidificado, observan el color i el estado mas o ménos cristalino de la superficie: el mas puro es el que es mas blanco, i presenta ménos indicios de cristalizacion. Este modo de esperimentar es mui bueno, i puede dar señas mui seguras de las calidades respectivas de diversos estaños para los que tienen un poco de práctica. M. Caution, preparador de hojas de estaño en la manufactura de espejos de Paris, ha reconocido que, cuando se funde el estaño puro en barra o en hoja, la superficie, despues que se ha solidificado, es perfectamente lisa, i que no se percibe en ella el menor indicio de cristalizacion; miéntras que al contrario, el estaño impuro, por pequeña que sea la proporcion de metales estraños que contiene, se cubre acá i allá de ramificaciones en agujas o estrellas, i estas apariencias cristalinas se estienden tanto mas cuanto ménos puro es el estaño.

Estaño i zinc.—Es fácil analizar las aleaciones de estaño i zinc, tratándolas por ácido nítrico puro, en el que solo el zinc se disuelve, miéntras el estaño queda en el resíduo al estado de óxido: se determina el zinc, evaporando la disolucion hasta sequedad, i calcinando el resíduo al calor rojo para transformar el nitrato de zinc en óxido.

El análisis del estaño de comercio i de las aleaciones de estaño presenta graves dificultades i exije operaciones minuciosas, complicadas, para cuya descripcion se puede consultar principalmente la *Dosímasia* de Rivot, tomo IV, páj. 550-562.

CAPÍTULO XIII.

Zinc.

SECCION PRIMERA.

Propiedades del metal.

El zinc es blanco azulado i su fractura presenta hojas anchas, cristalinas, brillantes. Quebradizo a la temperatura ordinaria, adquiere maleabilidad cuando el calor pasa de 100° i la pierde calentado a 200°. Poca tenacidad tiene, es blando, su peso esp. varía de 6,861 a 7,191. Se funde a la temperatura de 360°, es decir luego que principie a enrojecerse; calentándolo mas, se volatiliza, i al calor albo puede destilarse. Empáñase su superficie, por la accion del aire, a la temperatura ordinaria, pero la oxidacion no es mas que superficial i el metal se conserva; pero me-

diante el calor la oxidacion es rápida, i el metal se enciende, arde con una llama blanca mui brillante, esparciendo en el aire unos copos blancos mui livianos, que causan sequedad en la garganta, pero no son peligrosos. Descompone el agua con facilidad, aun haciéndose notar esta descomposicion, aunque lenta, a la temperatura ordinaria; echando agua sobre el metal fundido, la accion se aviva de tal modo que hai esplosion. Es atacable por todos los ácidos, aun por los ácidos orgánicos mui débiles i por el ácido carbónico. El ácido nítrico concentrado lo inflama, i cuando débil, hai formacion de nitrato de amoniaco. Los ácidos muriático i sulfúrico, diluidos, lo disuelven con desarrollo de hidrójeno i el ácido sulfúrico concentrado no lo ataca sino mediante el calor i con desarrollo de ácido sulfuroso. Disuélvese tambien el metal, con desarrollo de hidrójeno en las disoluciones de potasa i sosa a la temperatura de ebullicion: si al propio tiempo se sumerje una lámina de hierro, el agua se descompone aun sin ausilio de calor, i el zinc se disuelve solo: se forman en estos casos unos *zincatos* alcalinos. Se combina directamente con el azufre i con el cloro, como tambien con el fósforo i el arsénico. Su equivalente es 403 226.

Es imposible purificar el zinc del comercio por destilacion, i no se obtiene este metal puro sino reduciendo su óxido por el hidrójeno que tambien debe ser puro.

El zinc puro, fundido se ataca con mucho mayor dificultad por el agua acidulada con ácido sulfúrico, que el zinc en granalla, de superficie arrugada i sin lustre.

Solo se conoce un *óxido de zinc* i es base mui enérjica. Es blanco, insoluble, infusible i fijo; reductible por el carbon, azufre, fósforo i arsénico i solamente a una temperatura elevada por el hidrójeno. Se reduce tambien por el hierro, a una temperatura suficiente para volatilizar el metal. Soluble en los ácidos, en los álcalis fijos, en el amoniaco i carbonato de amoniaco. Contiene 0,802 de zinc: ZnO.

Las sales de zinc son sin color, las mas. solubles. Sus disoluciones dan precipitados blancos por los álcalis i subcarbonatos, por los fosfatos, arseniatos, oxalatos, etc. Cuando neutros, o cuando son de un ácido débil como ácido acético, precipitan por el hidrójeno sulfurado, el que no causa ningun precipitado si se hallan suficientemente acidificadas con ácidos activos, sobre todo si contienen ácido nítrico. Sin embargo si son clorhídricas, desleidas i con pequeño exceso de ácido, sobre todo cuando contienen al propio tiempo cobre una gran parte de zinc precipita al estado de súlfuro, pero nunca completamente. Al contrario una disolucion de acetato de zinc, aunque tuviera gran exceso de ácido acetico se despoja rápidamente i del modo mas completo del zinc por el hidrójeno sulfurado, formándose un precipitado blanco, jelatinoso, alterable al aire. El hidrosulfato las precipita, orijinando súlfuro de zinc blanco, insoluble en el exceso de reactivo i en el amoniaco.

El *súlfuro* artificial ZnS es blanco, el nativo llamado blenda

nunca tiene este calor. Es infusible, inalterable por el color, fijo, inalterable por el hidrójeno. Calcinado con el contacto del aire, pasa al estado de sulfato, i con el calor rojo puede transformarse en óxido puro Cuando puro, poca accion ejercen sobre él los ácidos muriático i sulfúrico. El carbon i el hierro lo reducen a una temperatura mui elevada. Se combina en toda proporcion con el óxido de zinc, formando oxisúlfuros que son fusibles.

El *cloruro* se forma tanto por la vía seca como por la vía húmeda. Es sin color, mui fusible, volátil i se puede destilar; delicuescente. Evaporando una disolucion clorhídrica de zinc, se pierde una cantidad notable de este metal, arrastrado por los vapores al estado de cloruro.

SECCION SEGUNDA.

Minerales i productos de las artes.

Minerales.—Aunque el zinc se halla en gran número de especies minerales, las únicas que se benefician en grande por este metal, son: la *blenda* o súlfuro de zinc i la *calamina* o carbonato.

Blenda.—Se halla en gran abundancia en la naturaleza, en todos los terrenos *segundarios, primitivos i de transicion*; acompaña comunmente a los demas súlfuros metálicos, i se halla, sobre todo, mui a menudo en vetas de minerales de plata i de oro. Su aspecto es mui variable: la mas pura es amarilla i trasparente; pero por lo comun es amarillenta, parda rojiza, parda verdosa, i aun negra, trasluciente u hojosa. Su estructura es casi siempre hojosa plana; las hojas se cruzan en todos sentidos, i tienen lustre de vidrio: por estos caractéres, sobre todo, se distingue la blenda de los demas súlfuros. Se halla tambien a veces cristalizada en tetraedros, octaedros i dodecaedros rombales. Su peso específico 3,77 a 4,078. Al soplete muchas veces chisporrotea; es infusible; solo las esquinas se aplanan. Se calcina con dificultad; sobre el carbon deja una pegadura de óxido de zinc. El ácido muriático no opera sino una accion mui débil sobre la blenda pura, pero ataca con facilidad las especies que contienen súlfuro de hierro: se halla tambien muchas veces en la blenda súlfuro de cadmio.

El súlfuro puro contiene:

Zinc	0,667
Azufre	0,333
	1,000

Calamina.—Es el mineral que se beneficia comunmente por zinc. Se halla en masas, diseminada i en cristales, que derivan de un romboedro de 107° 40'. Es blanca, gris amarillenta o parda; semitrasparente u opaca; lustre de vidrio, que pasa a nácar;

estructura compacta, fractura plana o concoidea imperfecta. Su peso específico 4,442. Al soplete, cuando contiene cadmio, deja sobre el carbon un anillo rojo anaranjado alrededor del ensaye. Es soluble con efervescencia en todos los ácidos, i sin ella el amoniaco o mejor en el carbonato de amoniaco. Se halla muchas veces en capas, o masas irregulares en las rocas calizas.

Se halla comunmente mezclada con el *silicato de zinc* (calamina eléctrica), que tiene el mismo color i brillo que el carbonato; pero cristaliza en prismas que deriban del prisma rombal; da agua en el matracito; i al soplete, produce vidrio sin color con la sal de fósforo; pero este vidrio se vuelve opaco al enfriarse. No se reduce sino con la mayor dificultad por el carbon, i por esto, miéntras el carbonato se beneficia con la mayor facilidad por zinc, el silicato es un mineral que se considera en muchos injenios como enteramente inútil, i por el tanto no se debe equivocar con el otro. El silicato se disuelve en los ácidos fuertes, dejando un resíduo jelatinoso.

El carbonato puro consta de

Oxido de zinc......	0,646	—zinc 0,518
Acido carbonico....	0,354	
	1,000	

Esta especie se halla mui a menudo en Chile, particularmente en los criaderos de las minas de plata en Chañarcillo.

Es de advertir que se han encontrado en la naturaleza, aunque en pequeña cantidad, el *carbonato hidratado* i el silicato anhidro.

Los produtos de las artes mas importantes son: *zinc del comercio.*—Nunca perfectamente puro. Las sustancias estrañas que suele contener, son el hierro, el plomo, el cobre, el cadmio, el estaño i muchas veces un poco de azufre, de arsénico i de carbon.

Minerales calcinados, ya sea sin contacto sea con contacto del aire.—Cuando es la calamina la que se beneficia, se la calcina para espeler el ácido carbónico, i hacerla mas dócil para la reduccion: si es la blenda la que se quiere beneficiar, es de toda necesidad someterla prévia mente a una tuesta o calcinacion con el contacto del aire, para transformar el súlfuro en óxido. La calcinacion se efectúa mui bien en los hornos de reverbero, sin dejar casi ningun indicio de súlfuro en el mineral.

Resíduos de la reduccion de los minerales.—Estos resíduos contienen el silicato de zinc, la blenda que no alcanzó a calcinarse completamente, i los criaderos.

Cadmias o sublimados que se condensan en los hornos grandes o en los de manga, en la fundicion de los minerales, sea de hierro, sea de plomo o de plata, etc. El zinc que se reduce en estas fundiciones, se volatiliza; su vapor, llegando a la parte superior de las chimeneas, se enciende, vuelve a trasformarse en óxido,

i este óxido se pega a las paredes interiores de la chimenea, enfria el horno, i produce masas considerables de sublimado, las que obstruyen el horno, caen i ocasionan entorpecimientos dificiles de remediar. Estas cadmias sirven despues para la fabricacion del zinc i del laton: son mas ricas en zinc que los mejores minerales de este metal; pero contienen casi siempre mucho plomo i a veces una proporcion notable de plata.

SECCION TERCERA.

Modos de ensayar.

Las materias que contienen zinc i se someten al ensaye, pueden dividirse en cuatro clases.

Primera clase.—Materias que contienen el zinc al estado de óxido libre, no combinado con la sílice: como son los mas minerales de zinc propiamente dichos.

Segunda clase.—Materias en las cuales el zinc se halla en parte o en totalidad, combinado con la sílice.

Tercera clase.—Materias que contienen el zinc combinado con el azufre.

Cuarta clase.—Las aleaciones.

Primera clase.—*Destilacion.*—Para reducir el óxido de zinc o de una materia de esta clase, basta calentarlo con un calor blanco, despues de haberlo mezclado con carbon. Al momento de reducirse el zinc, se halla en estado de vapor; i este vapor se condensa en la parte fria del aparato; de suerte que, verificándose esta operacion en una retorta, todo el metal debe pasar al cuello, sin que se pierda cosa alguna. Luego parece a la primera vista que un ensaye de zinc deberia ser la cosa mas fácil i sencilla; i sin embargo, la práctica demuestra lo contrario. En efecto, aunque es fácil reducir el óxido i volatilizar el metal reducido, es mui difícil recojer este metal, i sobre todo, obtenerlo al estado metálico; la dificultad proviene en primer lugar, de que el sublimado de zinc se estiende comunmente en una superficie mui grande, i adhiere fuertemente a las paredes de la retorta; i segundo, de que, habiendo necesidad de tener la retorta abierta para dar salida a los gases, el aire penetra en el interior de la retorta, i una parte de zinc se oxida.

La destilacion del zinc se opera a una temperatura demasiado alta, para que se pueda efectuar en unas retortas de vidrio; i para esto se emplean retortas de arcilla bien cocida, impermeables a los gases: la operacion se hace en un horno de reverbero; la retorta se coloca en un apoyo, i se hace salir el cuello como de cuatro pulgadas fuera del horno; se cubre despues la panza con la cúpula, se pone un tubo de aspiracion como de tres piés de altura, i al orificio del cuello que no debe ser angosto, se adapta, mediante un corcho, una alargadera de vidrio, destinada para recibir los vapores de zinc que pueden escaparse del cuello. Se aumenta gradualmente el fuego hasta el calor albo, i se ob-

serva de cuando en cuando la boca de la retorta, para ver si queda en ella paso libre a los vapores: en caso que se viese obstruida, seria menester destaparla inmediatamente con un alambre de hierro, porque de otro modo pudiera haber esplosion. Concluida la operacion, se deja enfriar la retorta. En seguida se la rompe con mucho cuidado, para que el metal condensado en la parte superior, no caiga en los resíduos; i despues se despega todo el metal con la mayor prolijidad posible. En cuanto a lo que queda pegado a los fragmentos de la retorta, no hai otro arbitrio para determinar su cantidad, que el de recojer estos fragmentos con cuidado, i hacerlos dijerir en el ácido nítrico con el ausilio del calor. Se lava todo, se juntan las aguas del lavado con la disolucion nítrica, i se evapora el licor hasta que se reconcentre en un pequeño volúmen: se lo pasa entónces a una pequeña tacita de porcelana o platina, se evapora hasta sequedad con precaucion, para que no haya proyecciones, i se calienta el resíduo gradualmente hasta que adquiera el calor rojo. Se determina en este caso el peso del zinc por el peso del óxido obtenido.

Determinacion de la cantidad de zinc por diferencia.— Otro modo de hacer ensayes de zinc, mucho mas sencillo i a lo ménos tan exacto como el anterior, consiste en reducir el óxido i determinar el peso del metal por diferencia, conociendo bien el peso de todas las sustancias con que se halla mezclado. Esto se puede verificar sea a la temperatura media, sea a la de los ensayes de hierro; pero en todo caso se debe principiar por espeler todas las sustancias volátiles que puede contener la materia sometida al ensaye: si en ella hai agua o ácido carbónico, basta calcinarla sin el contacto del aire i sin adicion: si hai carbon, como sucede en varios productos de las artes, es preciso calcinarla con el contacto del aire.

Temperatura media. Cuando se quiere operar a una temperatura media, se mezcla la materia molida con 15 o 20 por ciento de su peso de carbon; i se la calcina en un crisol ordinario tapado; se hace tostar despues el resíduo en una tacita de porcelana para quemar el exceso del carbon, i se pesa el polvo: es claro que la pérdida que ha esperimentado en el ensaye la materia, corresponde a la cantidad de óxido que contenia.

Alta temperatura. Haciendo un ensaye del modo que se acaba de decir, se ha de temer que se quede todavía cierta cantidad de óxido de zinc en el resíduo; i a mas de esto, no se puede saber con exactitud el grado de la oxidacion del hierro contenido en la materia calcinada. Estos inconvenientes desaparecen, cuando se hace el ensaye a la temperatura de los ensayes de hierro, i del mismo modo que estos últimos. Se hace calentar la materia en un crisol de brasca con adicion de sustancias fijas con las cuales se pueda fundir el criadero mezclado con el óxido del zinc, si este criadero no es fusible por sí solo. Concluida la operacion, se pesa el ensaye compuesto de escoria i de granallas de hierro; se separan en seguida, i se recojen estas granallas del modo que se

ha dicho ántes; i restando su peso del peso entero de las sustancias fundidas, se obtiene el de la escoria. Ahora, por el peso de las granallas de hierro se sabe el del oxíjeno que les corresponde, i que se exhala en la fundicion; i restando del peso entero de la materia sometida al ensaye, el del resíduo entero de la fundicion, i el del oxíjeno perteneciente al hierro, se sabe el peso del zinc reducido.

Ejemplo:

Mineral de óxido de hierro i de zinc llamado franklinia de los Estados Unidos.

		10 gr. de franklinia..........		10,00
		7 vidrio terreo		7,00
				17,00
Han producido: hierro colado	4,60	Total..	12,87	14,87
Escoria.....	8,27			
		Oxíjeno	2,00	
		Óxido de zinc.		2,13
Flujo agregado....	7,00			
Materias estrañas..	1,27			

La materia estraña en este caso es el protóxido de manganesa puro; i como este metal se halla en el mineral en un grado de oxidacion mas elevado, resulta que la proporcion del zinc determinada por este ensaye, debe ser mui exajerada: i en efecto, mediante el análisis por la vía húmeda, no se encuentra en este mineral mas que 17 a 18 por ciento de óxido de zinc.

Segunda clase.—*Materias que contienen zinc en combinacion con la sílice.*—Los silicatos de zinc no se reducen sino mui lentamente i con dificultad por el carbon solo; pero cuando al mismo tiempo se mezclan con sustancias que tienen la propiedad de combinarse con la sílice, se reducen completamente aun a una temperatura mediana. Todos los métodos, por consiguiente, que se acaban de dar para las materias de la primera clase, sirven tambien para las de la segunda, con la diferencia de que éstas se han de mezclar al mismo tiempo con carbon i algun reactivo que sirva de flujo i de reductivo. Ensayando las materias de esta clase *por destilacion*, se emplea el flujo negro ordinario, al cual conviene muchas veces agregar como un 1/6 de carbon; i haciendo los mismos ensayes a la temperatura de los ensayes de hierro, se emplea la cal i la alumina o bien la cal i la magnesia.

Tercera clase.—*Materias que contienen sulfuro de zinc.*—Se ensayan estas materias calcinándolas con el contacto del aire, i sometiéndolas en seguida a las mismas operaciones que se prescriben para el ensaye de las materias oxidadas. La calcinacion no presenta dificultades: solo al principio se debe moderar el fuego para evitar aglomeraciones, i no se debe agregar carbon:

al concluir la tuesta, es menester elevar el fuego para descomponer los sulfatos; i si la operacion se hace con cuidado, no queda en el mineral calcinado ni azufre ni ácido sulfúrico.

Se puede tambien determinar la proporcion del zinc, calcinando la materia que se ensaya, a la temperatura de 150° p. con adicion de hierro metálico en cantidad necesaria para absorver todo el azufre; se sabe entónces la cantidad de zinc por el peso que ha perdido la materia ensayada; porque es claro que esta pérdida proviene de la volatilizacion del zinc, de cuyo azufre se apodera el hierro. Es menester agregar en este caso algun flujo fijo, como son los vidrios térreos, a fin de que las escorias estén bien líquidas, i se unan en una sola masa.

Cuarta clase.—*Aleaciones.*—Las únicas aleaciones de zinc que tienen mucha importancia, son las de cobre, de estaño i de hierro. Para ensayarlas por la via seca, no hai mas que fundirlas en un crisol de brasca a la temperatura de 150° con cierta cantidad de vidrio térreo; i se saca la proporcion del zinc de la pérdida de peso que ha esperimentado la materia ensayada en la reduccion del óxido. Sin embargo, es de advertir que en tal caso queda siempre un poco de zinc en los residuos, por el cobre que lo retiene.

Para analizar las aleaciones de zinc por la via húmeda, se disuelve la materia en el agua rejia; se agrega agua i se sobresatura el licor con el amoniaco: en tal caso el óxido de zinc se disuelve en el exceso del reactivo, miéntras el óxido de hierro se precipita. Se recoje entónces este precipitado en el filtro, se seca, i se calcina; por su peso se sabe el del hierro metálico, i por diferencia el de zinc.

CAPÍTULO XIV.

Metales cuyo consumo en las artes es mas limitado.

COBALTO.

Usos. El cobalto sirve para la fabricacion del *esmalte azul*, que se emplea en gran cantidad en las fábricas de porcelana, de loza, etc.

Propiedades. Segun Deville, el cobalto i el niquel preparados mediante la fusion en un crisol de cal, de una mezcla de óxido i de carbon, en la cual predomina el óxido, son dúctiles i mui tenaces: el cobalto es uno de los metales mas dúctiles que se conocen i de tenacidad casi doble de la de hierro, i el niquel presenta las mismas calidades, pero en un grado un poco inferior. El cobalto

obtenido por la accion del hidrójeno sobre el óxido es un polvo negro, mui oxidable en el aire húmedo, pirofórico cuando la reduccion se opera a una alta temperatura. El metal obtenido de la reduccion del óxido en un crisol de brasca, es fundido, mui duro, magnético, inalterable por el aire, pero impuro. En fin, el que se forma en la reduccion del cloruro por el cloro seco, es blanco, en hojillas, contiene cloro. Los óxidos se reducen fácilmente por el hidrójeno, carbon, azufre, etc.

El protóxido de cobalto es de un gris mui oscuro i el peróxido negro. El primero es soluble en todos los ácidos i se forma calcinando cualquier óxido de cobalto o su nitrato al calor albo, pero al enfriarse absorve algo de oxijeno i se transforma en parte en sesquitóxido; el segundo principia a reducirse al calor rojo, se disuelve en los ácidos fuertes oxijenados, exhalando oxíjeno, i en el ácido muriático exhalando cloro. El amoniaco i carbonato de amoniaco disuelven al primero i no al segundo.

Las sales son todas de protóxido, sus disoluciones son rosadas o de color rojo de granate. Los álcalis fijos forman en ellas precipitados azulejos, los que son insolubles en el exceso de reactivos i que toman color mas oscuro, violáceo por la ebullicion. El amoniaco forma precipitados mui solubles en el exceso de reactivo i la disolucion amoniacal absorve rápidamente el oxíjeno del aire cambiando su color rosado en rojo parduzco mas i mas oscuro. Los carbonatos alcalinos si se vierten antes que todo el óxido de cobalto esté precipitado, forman hidrocarbonato rosado jelatinoso mui soluble en el amoniaco i carbonato de amoniaco. Si la disolucion de cobalto clorhídrica contiene mucho cloruro de amoniaco, el amoniaco no produce ningun precipitado. No precipitan por el hidrójeno sulfurado i cuando neutros dan precipitado negro por el hidrosulfato. El protocloruro es delicuescente; su disolucion tiene color rosado de flor de albérchigo, pero al evaporarse, cambia en azul hermoso; por la calcinacion se transforma en peróxido.

Cuando la disolucion clorhidrica se halla mui desleida i poco ácida, el hidrójeno sulfurado da lugar a formacion de súlfuro que precipita; la precipitacion nunca puede ser completa; pero si la disolucion de cobalto contiene acetatos alcalinos i ningun otro ácido libre que ácido acético en mui pequeño exceso, i mucha agua, todo el cobalto precipita, por el hidrójeno sulfurado, al estado de súlfuro negro.

La presencia de materia orgánica impide que se formen precipitados por los álcalis fijos i sus fosfatos o arseniatos i en tal caso solamente el hidrosulfato o bien, si la disolucion es acética, el hidrójeno sulfurado pueden precipitar el cobalto.

Al *soplete* con bórax o la sal de fósforo se obtiene, en ambas llamas, vidrio azul; pero si la materia que se ensaya a mas de cobalto contiene manganeso o hierro, en tal caso el manganeso en la llama esterior dará al vidrio color violado i el hierro color verde.

El *sesquióxido de cobalto* $Co^2 O^3$ puede completamente pasar

al estado de protóxido, a la temperatura de color rojo albado; pero es imposible impedir que el protóxido al infriarse no absorva cierta cantidad de oxíjeno i no pase en parte al estado de un óxido intermedio. Forma con el agua un hidrato de color pardo mui oscuro, casi negro, que se puede secar en un baño maria sin perder su agua de combinacion.

El protóxido de cobalto contiene:

Cobalto	78.66
Oxíjeno	21.34

El sesquióxido:

Cobalto	71.07
Oxíjeno	28.03

El óxido intermedio se forma por la calcinacion prolongada del protóxido o del sesquióxido con el contacto del aire a la temperatura de color rojo, i consta de

Cobalto	73.42
Oxíjeno	6.58

Cien partes de este óxido corresponden a 93.33 partes de protóxido.

El *súlfuro de cobalto* CoS es negro, fusible, inalterable al calor rojo claro, si no hai contacto del aire de manera que se puede determinar con exactitud el peso de cobalto metálico calcinando el súlfuro obtenido por el sulfhidrato de amoniaco en un crisolito de porcelana, colocado en un otro de porcelana mas grande, dejando unos pedacitos de carbon entre la tapa del primero i la del segundo.

Consta de

Cobalto	64.24
Azufre	35.76

Minerales. Los principales minerales de los que se estrae el óxido de cobalto, son el *arseniuro de cobalto* i el *sulfo-arseniuro de cobalto.*

El arseniuro o *cobalto blanco.*—Segun Berthier, existen en la naturaleza tres arseniuros de cobalto distintos, que contienen por un átomo de cobalto (es decir, por cada 369 partes de cobalto), uno, dos i tres átomos (es decir, 740, 940 i 1410 partes) de arsénico. Estas tres especies se hallan tambien mezcladas unas con otras, como tambien mezcladas con los arseniuros i sulfo-arseniuros de hierro i de niquel.

Estos minerales cristalizan en formas que derivan del cubo; i mas a menudo en cubos. Superficie rara vez lisa i lustrosa. Por dentro lustrosos.

Se encuantran por lo comun en masas irregulares, masas reticulares i en coliflor.

Color blanco de estaño a veces bastante oscuro, frecuentemente tornado de gris. Lustre metálico. Estructura granuda de grano grueso i pequeño, a veces hojosa. Fractura desigual. D. 5 a 6,5. Ps. 6, 2 a 7,4. Frotados i golpeados con el eslabon, despiden olor de ajo. Al soplete en el matraz, algunas especies dan sublimado de arsénico, i otras nó: sobre carbon todas despiden mucho humo con olor de ajo.

Mui rara vez el cobalto arsenical es puro; sin hierro o niquel. La única análisis que se conoce de esta especie pura, es la del cobalto arsenical fibroso de Schneeberg por John, i esta análisis nos da para la composicion del mineral un biarseniuro $Co\ As^2$. Por lo demas, el mineral aun cristalizado ha dado siempre algo de hierro o de niquel, cuyos metales reemplazan el cobalto; de manera que mui a menudo hallamos para la composicion del cobalto arsenical $(Co, Fe, Ni)\ As^2$.

Estos minerales que tambien suelen contener, cuando amorfos, unas pequeñas porporciones de azufre i de cobre en estado de mezcla, varían mucho de composicion, aun en cuanto a sus elementos esenciales i pasan por una parte, insensiblemente, a ser minerales de cobalto, cuando la proporcion excede la de cobalto; por la otra, dejeneran al punto de convertirse en arseniuro de hierro cobaltífero, de ningun uso en las artes, cuando la cantidad de cobalto i niquel no pase de uno o dos por ciento.

Estas especies minerales son las que acompañan con mayor constancia la plata, la cual las mas veces se halla en ellas al estado nativo, filiforme, o bien al estado de rosicler, de amalgama, o de antimoniuro; a veces, segun parece al estado de arseniuro (véase la plata). Las localidades donde se encuentra con mayor frecuencia el cobalto arsenical en Chile, son las minas de plata de Tres-Puntas, las de Punta-Brava, Pampa-Larga, Bandurrias, Cabeza-de-Vaca, en algunas de Chañarcillo, etc., siempre amorfo, i en ninguna parte en cantidad tan considerable como el cobalto gris: de suerte, que en ninguna parte forma objeto de esplotacion en Chile.

Hállase tambien en otras partes en Sajonia, Bohemia, Suecia, en Cnatam, Coun, etc.

Composicion:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Arsénico	74,21	70,37	73,82	71,60	68,51
Cobalto	20,31	12,95	15,90	17,64	15,16
Hierro	3,42	11,17	2,61	4,93	7,16
Niquel	—	1,79	5,16	—	2,62
Cobre	0,16	1,39	—	4,60	—
Plata	—	—	2,06	1,19	—
Azufre	0,88	0,66	0,20	0,60	0,70

(1) De Riechelsdorf, por Stromeyer.

(2) De Schneeberg, por Hoffman.

(3) Amorfo, de las minas de plata de Bandurrias, Chile provincia de Atacama. *

(4) Amorfo, de las minas de plata de Punta-Brava, Chile, provincia de Atacama; acompañado de la plata nativa filiforme. *

(5) De color blanco de estaño, mui lustroso, estructura hojosa perfecta con indicio de cruceros. Acompaña los ricos minerales de plata en la mina llamada Emilia, cerro de la Cabeza-de-Vaca, provincia de Atacama. Analizado por don Francisco Perez en el laboratorio del Instituto contiene 5,85 por ciento de criadero insoluble.

Poly arseniuro de cobalto i niquel.—En varias minas de plata de Chile aparece un arseniuro de cobalto i niquel, cristalizado en pequeños cristalitos, agrupados, incompletos, lustrosos, de color casi blanco de plata i tambien amorfo, con indicios de cristalizacion: mineral que contiene proporcion mui subida de niquel, a veces casi tanto de niquel como de cobalto i a veces algo menos de este último que de niquel: así por ejemplo, un mineral de esta especie que proviene de una veta de plata en Punta-Brava, mineral analizado por Don Leonidas Garcia se halló compuesto de:

Arsénico	69.3
Cobalto	15.8
Niquel	11.4
Hierro	6.2
Plata	3.2

Otro mineral análogo, penetrado de ácido arsenioso i de arsenitos, mineral que forma como unas papas o núcleos envueltos en materia ferrujinosa i compuestos interiormente como de fajas concéntricas metálicas separadas por el criadero i de poco lustre, ha dado por resultado en una análisis hecho por Don Lorenzo Rodriguez en el laboratario del Instituto lo siguiente:

Parte soluble en el ácido clorhidrico diluido	Ácido arseniuro	31.15
	Oxido de cobalto	5.87
	de niquel	6.65
	de hierro	8.75
Parte insoluble en el ácido dorhidrico.	Arsénico	16.56
	Cobalto	2.56
	Niquel	4.00
	Hierro	1.20
	Azufre	0.60

lo demas criadero hidratado arcilloso.

Cobalto gris.—(cobalto lustroso R.—Sulfo-arseniuro de cobalto).—Se parece mucho esta especie a las anteriores, con la diferencia que la estructura del cobalto gris es casi siempre ho-

josa, mas o ménos perfecta i plana de triple crucero rectangular. Se halla en masas, diseminado, espejado; i cristaliza en formas que derivan del octaedro, principalmente en octaedros modificados por sus esquinas, en cubo-octaedros, i cosaedros, etc. La superficie resplandeciente, i tiene mas lustre por fuera que por dentro. Lustre metálico. Color blanco de plata, que tira algo al rojo de cobre; se halla tomado de rojizo i rara vez de pecho de paloma. D. 5 a 6. Ps. 6,30 a 6,45. Agrio, quebradizo.

Al soplete en el matraz, no se altera: en el tubo abierto, se calcina difícilmente: sobre carbon, despide mucho humo arsenical, i se funde. No es atacable por los ácidos muriático i sulfúrico.

Su composicion es mui variable por causa de las sustancias estrañas con que se halla mezclado, entre otras, la pirita cobriza i la pirita arsenical. Un análisis de los cristales de cobalto gris de Skutterrud, en Noruega, dió a Stromoyer un equivalente de bisulfuro de cobalto por uno de biarseniuro de cobalto $Co As^2 + Co S^2$. Pero se encuentran minerales que, segun parece, no son otra cosa mas que unas especies de pirita arsenical en que una parte del hierro se halla reemplazada por el cobalto. Hé aquí algunas variedades de cobalto gris:

	(1)	(2)	(3)	(4)
Cobalto ...	0,390	0,275	0,078	0,048
Hierro	0,020	0,115	0,265	0,399
Arsénico ...	0,347	0,427	0,428	0,475
Azufre.....	0,217	0,186	0,201	0,178

(1) Cobalto gris de Tunaberg en Suecia, cristales cubo-octaedros escojidos, por Berthier. La misma especie se halla en la mina del Buitre, en Chile, en cristales mui pequeños, brillantes, octaédricos con esquinas truncadas.

(2) Cobalto de la mina del Buitre, en Chile, de color blanco de estaño, ménos blanco i ménos lustroso que los cristales anteriores; estructura en parte granuda, en parte hojosa imperfecta, diseminado, en masas considerables, casi siempre amorfas.** Acompañado por la pirita cobriza, axinita, etc.

(3) Cobalto de las minas de cobre del Volcan, mina San Simon, en Chile. Es de un gris de acero, estructura hojosa imperfecta; lustroso, duro, amorfo, acompañado con el arseniato de cobre.**

(4) Proviene de Skutterrud de Noruega, mui parecido a la pirita arsenical: solamente su color tira algo al rosado, por Woehler.

El cobalto gris es el mas abundante de todos los minerales de este metal, i el que se aprecia mas para la fabricacion del esmalte. Se halla siempre en vetas; ya sea en medio de rocas de gneis mui antiguas como en Suecia, ya en rocas dioríticas mas modernas como en Chile. Su compañero mas constante es la

pirita de cobre. Las minas que hasta ahora producian con mas abundancia este mineral, han sido las de Tunaberg i de Viena en Suecia. Mas abundantes en minerales de esta especie i en mayor número de localidades se hallaron vetas en Chile; las mas acompañadas por vetas de cobre i pertenecientes a los mismos terrenos i criaderos que estas últimas. Las que hasta ahora se hallaron mas productivas, han sido las del Buitre i de Tambillos, de la provincia de Coquimbo; las del Volcan, de la provincia de Santiago, i particularmente, de las que se estraen actualmente minerales mas ricos i mas abundantes, son las de San Juan, la Veta Blanca i otras del departamento de Freirina.

Debo, sin embargo, advertir que todos estos minerales ya sea de cobalto blanco ya de cobalto gris, se hallan por lo comun acompañados, los primeros, por arseniuro de hierro, i los segundos, por el mispiquel cobaltíferos que contienen lei mui variable de cobalto a veces apenas indicio de este metal o nada.

Estos arseniuros i sulfoarseniuros de hierro tienen casi los mismos caractéres exteriores (exceptuando la forma cristalina) que el cobalto blanco i cobalto gris.

Cobalto rojo.—*Arseniato de cobalto.*—En pequeñas masas, diseminado, en pegaduras, en costras aterciopeladas i en cristales, que son prismas rectos con base de paralelógramo. Cristales tan delgados como agujas, o aplastados como los de la selenita i mui pequeños, casi siempre agrupados, de superficie centellante. Estructura hojosa, de cruceros perfectos en la direccion del prisma, tambien estriada, fibrosa. Color rojo carmesí, que pasa al de albérchigo, mui rara vez gris verdoso o verde aceituna. De trasluciente a trasluciente en los bordes i los cristales a veces semitrasparentes. Por dentro lustroso, lustre de nácar. Dureza 2 a 2,5; quebradizo. Peso esp. 4 a 4,3.

Al soplete en el matraz, da agua, i se pone oscuro; sobre carbon, despide mucho humo arsenical, i se reduce en arseniuros. Soluble en los ácidos. Consta, segun Bucholz, de

Protóxido de cobalto	0,392
Acido arsénico	0,379
Agua	0,229

Se halla siempre con los arseniuros i arsenio-súlfuros de cobalto, de cuya descomposicion proviene. Es tambien compañero de los minerales de plata; i los mineros lo equivocan muchas veces con el rosicler. Se encuentra en todas las minas de cobalto gris o de arseniuros de cobalto i en las mas de plata, pero nunca en cantidad considerable. En Chile se halla con la amalgama nativa en Arqueros, con la plata nativa i córnea en Agua Amarga, Chañarcillo, Punta-Brava, Tunas, etc., i con cobalto gris en el Buitre.

A mas de esta especie principal, citaremos:

Cobalto rosado, de color rojo albérchigo mucho mas violado i pálido que el anterior, en prismas mui delgados, estriados

a lo largo i con la base oblícua; trasluciente, opalino, quebradizo. Polvo claro. Es un arseniato doble de cal i de cobalto, que parece contener un átomo de este último por dos del primero. Se encuentra en las minas de Arqueros (Chile) mezclado con una dolomia blanca.

Un arseniato análogo de cobalto i magnesia ha sido encontrado en Sajonia por Levy.

Cobalto terroso.—Unas veces pardo de hígado oscuro, otras veces amarillo pajizo, que tira tambien a diversos matices rosados i violados; acompaña los anteriores. Minerales de esta especie, de composicion mui variable i que contienen a un tiempo lei subida en cobalto i niquel, se hallaron en la mina del Pabellon a poca distancia del establecimiento de amalgamacion del mismo nombre (departamento de Copiapó).

El cobalto se porta en las operaciones por la via seca exactamente del mismo modo que el hierro, i seria fácil ensayar las materias que contuviesen el cobalto en estado de óxido: pero, hallándose este metal casi siempre con arsénico i azufre, i siendo imposible separar estas sustancias de otro modo que por la via húmeda, rara vez se ensayan los minerales de cobalto por la vía seca; i no se puede determinar su riqueza, sino tratando de estraer todo el cobalto en estado de óxido. I como por otra parte es el óxido de cobalto i no el metal, el que da color azul a los tintes i esmaltes mas preciosos en las artes, es de necesidad saber como se estrae el óxido de cobalto de los minerales. *Modos de ensayar.*

Para esto hai varios métodos mas o ménos económicos, entre los cuales merecen la preferencia los siguientes:

1.° En las fábricas de porcelana se prepara este óxido disolviendo el mineral crudo en el agua réjia: se evapora la disolucion hasta sequedad, se agrega agua i se filtra. Lo que se recoje en el filtro, es arseniato de hierro con las partes insolubles del criadero: se agrega entonces al licor, carbonato de potasa o de sosa por pequeñas cantidades, hasta que el precipitado que se forma con la adicion de cada gota de reactivo, empiece a tomar un color rosado: esta es la seña de que todo el hierro ya está separado, i de que no queda mas que filtrar otra vez el licor i lavar el filtro. Echando en seguida en el licor un exceso de carbonato alcalino, recojiendo el precipitado, lavando i calcinando, se obtiene un óxido de cobalto de composicion mui variable. Si el mineral es puro i tiene poco hierro, este óxido se halla comunmente mezclado con mucho ácido arsénico: si al contrario el mineral contiene mucho hierro, el óxido de cobalto obtenido por este método, es perfectamente puro. *Preparacion del óxido de cobalto.*

2.° Otro método consiste en calcinar primero el mineral con el contacto del aire, teniendo cuidado de agregar de cuando en cuando un poco de carbon, i se disuelve despues el resíduo en el ácido nítrico ordinario del comercio, agregando 0,10 de limadura de hierro. La adicion del hierro tiene por objeto que se forme un arseniato de sesquióxido de hierro que es insoluble en una disolucion neutra. Se evapora despues la disolucion hasta

sequedad a una temperatura moderada, i se agrega agua: queda entónces la mayor parte del hierro i del arsénico en estado de arseniato de hierro, en el resíduo que no se ha disuelto; pero tambien una cierta cantidad de esta sal se halla en el licor con un exceso de peróxido de hierro i todo el cobalto: se echa poco a poco en este licor carbonato de amoniaco, hasta que el precipitado que, al añadir las primeras dósis de este reactivo, aparecia con un color pardo rojizo mas o ménos oscuro, empiece a volverse rosado. En caso que las últimas porciones del precipitado no fuesen de color rojo de hidrato de hierro, seria preciso agregar una nueva cantidad de hierro disuelto en el acido nítrico i peroxidado, i precipitar este hierro por el carbonato de amoniaco como ántes. En caso que el mineral contuviese cobre, seria preciso precipitar este metal por el hidrójeno sulfurado. En fin, cuando ya no queda otra cosa mas en la disolucion que el óxido de cobalto, se evapora esta disolucion hasta sequedad; i calcinando el resíduo con cuidado en un crisol se obtiene el óxido de cobalto negro.

Es de advertir que, cuando en el mineral de cobalto hai niquel, es imposible obtener por los dos métodos anteriores el óxido de cobalto puro, porque este óxido se hallará siempre mezclado con óxido de niquel.

3.° El tercer método inventado por Liebig, conviene, sobre todo, cuando los minerales contienen niquel, i es el siguente:

Método de Liebig.

Se principia por calcinar el mineral con el contacto del aire con mucha prolijidad i despues se introduce el resíduo de la calcinacion por pequeñas porciones en un crisol de hierro en que se mantiene en estado de fusion sulfato ácido de potasa, tomado en proporcion de 3 partes de sulfato por 1 parte de mineral: desde luego la mezcla no pierde mucho de su fluidez, pero poco a poco se vuelve espesa, i en fin se solidifica. Es tiempo entónces para aumentar el calor gradualmente hasta el calor rojo; i estando fundida la masa, se la mantiene todavia en el mismo grado de calor, hasta que ya dejen de desarrollarse vapores blancos. Se vierte el baño en un molde; i enfriado, se muele, se deslie en el agua, i se filtra. En este momento el licor contiene sulfato neutro de potasa i de cobalto, sin arsénico, hierro o niquel, porque el sulfato de cobalto resiste a la accion del calor rojo, miéntras los sulfatos de hierro i de nìquel se descomponen a la misma temperatura: solo se advierte que, para que haya separacion completa de estos metales, es necesario calentar por mucho tiempo, a fin de que la masa salina se vuelva completamente neutra. Es menester echar despues en licor filtrado, carbonato alcalino, con lo que se precipita el carbonato de cobalto, que se ha de transformar en seguida, mediante la calcinacion, en óxido puro: en cuanto al residuo, este contiene siempre arseniato de cobalto, que se puede volver a tratar como ántes. Ahora, para evitar esta repeticion de operaciones, es bueno mezclar con el mineral calcinado i con el sulfato ácido de potasa una cierta cantidad de sulfato de hierro calcinado con

el calor rojo i mezclado con 1/10 de su peso de salitre: entonces el arsénico combinándose con el peróxido de hierro, queda en el resíduo, i no retiene mas que algun indicio insignificante de cobalto.

Del mismo modo se puede preparar el óxido puro mezclando una parte de mineral calcinado con dos partes de sulfato ácido de potasa i una parte de alumbre potásico, i efectuando la fusion de la mezcla en crisoles de tierra, como los que se emplean para los ensayes de cobre. En este caso es la alumina la que se combina con ácido arsénico; i si un poco de esta tierra se disuelve despues en el licor, se puede precipitarla primero que el cobalto, por el carbonato alcalino.

4.° El método mas apropiado para los ensayes de los minerales de cobalto se dará en el artículo siguiente, tratando del niquel.

NÍQUEL.

El niquel que se obtiene por la accion del hidrójeno sobre el cloruro i se pega a las paredes del vaso en que se ha operado la reduccion, forma hojillas delgadas de color blanco resplandeciente, pero contiene algo de cloro. El metal que proviene de la reduccion del óxido en un crisol de brasca a la temperatura de los ensayes de hierro, es fundido, algo poroso. poco maleable, impuro, es para el niquel puro, como hierro colado para hierro puro. El niquel preparado por la calcinacion del oxalato, purificado i fundido en un crisol de porcelana a la mas alta temperatura es de color gris, susceptible de tomar por el bruñido color mui blanco i mucho lustre; se estira mui bien con el martillo, al calor rojo en hojas delgadas, elásticas; es magnético; su densidad varia de 8.40 a 8.88; inalterable al aire; el ácido clorhídrico lo ataca lentamente, los oxijinados, con mucha encojia. Se combina directamente con el azufre, el arsénico, el fósforo, el cloruro, etc.

Oxidos.—El *protóxido* NiO es de color verde mas o menos oscuro; calentado con el contacto del aire toma color negro, pasando en parte al estado de peróxido; i si se eleva la temperatura al calor rojo claro, vuelve al estado de protóxido: conserva su color *sin absorver el oxíjeno al enfriarse en contecto del aire.*

Calcinado, es insoluble en las disoluciones alcalinas i aun dificilmente en el amoniaco. Su *hidrato* es verde, soluble con facilidad en los ácidos; en presencia de los álcalis, el cloro lo hace pasar completamente al estado de sesquióxido; parece tener mucha afinidad con algunos óxidos, particularmente con los álcalis, óxidos terreo álcalinos i la alumina: mui soluble en el amoniaco i en el carbonato de amoniaco cuyas disoluciones son de color azul parecido a las disoluciones amoniacales de cobre. El protóxido contiene:

Niquel	78.69
Oxíjeno	21.31

Es una base activa, aunque algo ménos enérjica que la de cobalto; sus disoluciones son verdes, dan precipitados verdes con los carbonatos, fosfatos i arseniatos alcalinos: igual precipitado mas o ménos oscuro, con la potasa; este último no se despoja del álcali sino lavándolo con agua en ebullicion, secando el precipitado a 100° de temperatura i volviendo a lavarlo con agua caliente. Cuando la disolucion es mui desleida i tiene poco ácido en exceso, o si es acétitca, el hidrójeno sulfurado forma precipitados negros. El hidrosulfato precipita completamente el niquel pero la disolucion tarda mucho en perder su color parduzco, debido a una pequeña cantidad de súlfuro disuelto. Al soplete, el óxido de niquel, con la sal de fósforo o bórax, da vidrio trasparente, el que tiene color rosado pálido o rosado algo violado miéntras caliente, pero al enfriarse pierde este color.

El *sesquióxido* es negro, conserva su oxíjeno a la temperatura del calor rojo naciente, pero al calor rojo claro pasa completamente al estado de protóxido. No forma sales, i cuando se ataca por los ácidos se disuelve con desarrollo de oxíjeno o de cloro segun el ácido que se emplea.

Consta de:

Niquel	71.12		
Oxíjeno	28.88	....	Ni^2Ox^3

El *súlfuro* NiS contiene 64.79 por ciento de niquel; es inalterable al aire, no se descompone por el fuego cuando se calienta al abrigo del contacto del aire. Obtenido por la vía húmeda, mediante el hidrójeno sulfurado o hidrosulfato, no es atacable por el ácido acético mui diluido, pero se ataca facilmente por el ácido clorhídrico i los ácidos oxijenados. El niquel puede combinarse en diversas proporciones con azufre; por la via seca o por la via húmeda, pero sea cual fuera su composicion es fusible, i fundido al calor rojo claro con exceso de azufre en vasos cerrados, pasa al estado de protosulfuro que contiene 64.8 por ciento de metal.

Arseniuros.—El niquel se combina en diversas proporciones con el arsénico, para el cual parece tener mayor afinidad que el hierro i el cobalto: de manera que cuando se funden los poliarseniuros de estos metales, con flujos oxidantes, empleados en proporciones pequeñas, insuficientes para oxijenar de una vez a todos los elementos i se repiten estas operaciones con añadidura de nuevas pequeñas cantidades de flujo oxidante se oxidan primero el hierro, en seguida el cobalto, i queda el niquel con lo restante de arsénico, al estado de Ni^4As: los ensayadores admiten que la composicion de éste último es constante i corresponde a

Níquel	61.2
Arsénico	38.8

Se conocen dos arseniuros de niquel de composicion definida,

que entran en la composicion de los minerales de niquel: son Ni^2As i $NiAs$: se combinan en todas proporciones con arseniuros de hierro, son fusibles i si se funden con súlfuros alcalinos, se transforman completamente en súlfuros: el fuego los reduce al estado de subarseniuro Ni^4As.

MINERALES DE NIQUEL.

Caractéres comunes.—Los minerales de esta familia son atacables por el agua réjia: sus disoluciones ácidas son verdes, i las amoniacales, de color azul verdoso. Al soplete con bórax, dan en la llama esterior un vidrio amarillento, si hai poco óxido; i un vidrio rojo de jacinto o rojo oscuro, cuando se agrega mayor cantidad de óxido; con tal que la sustancia no contenga otros óxidos, que puedan modificar el color.

Estos minerales sirven para las aleaciones que imitan la plata, conocidas con los nombres de metal de Arjel, mailchort, etc.

No son abundantes en la naturaleza.

Súlfuro de niquel.—Es mui escaso. Se halla en agujas de color amarillo de bronce, resplandecientes, un poco flexibles i blandas. Al soplete en el tubo abierto, despide olor de azufre quemado; i se pone negro sin fundirse.

Niquel arsenical.—Es la especie mas comun i mas importante de esta familia. Se conocen dos arseniuros de niquel: uno tiene un átomo de metal por uno de arsénico; i el otro dos átomos de arsénico por uno de niquel: existen tambien especies intermedias.

1 *Kupferniquel NiAs. niquel rojo.*—Mui rara vez con indicio de cristales que parecen derivar del romboedro. Amorfo, en masas diseminado, globoso i rara vez reticular. Color rojo de cobre en la fractura reciente, a veces tira al amarillo de pirita cobriza, se oscurece con el contacto del aire. Lustre metálico. Estructura de grano grueso i pequeño i tambien compacta. Fractura desigual, que pasa a concoidea, pequeña e imperfecta. Duro 5 a 5,5. Pesado 7,29 a 7,67. Despide olor de ajo, cuando se golpea o se frota con el eslabon. No es atacable por el ácido muriático, pero sí por el ácido nítrico. Al seplete sobre carbon, despide mucho humo arsenical i se funde en un glóbulo metálico, blanco, agrio.

El niquel rojo es mas abundante en la naturaleza que el que sigue. Acompaña los minerales de cobalto, de plata de cobre en Sajonia, Turinjia, Estiria, etc., i en Chatam, Connecticut.

En Chile solo se ha encontrado casualmente, i en pequeña cantidad en la Colorada de Chañarcillo; pero casi a la misma latitud, del otro lado de los Andes, en la provincia de la Rioja a 8 leguas de Jagüen cerca de Vinchina, se ha descubierto una veta bastante rica de este mineral acompañado por el cobre piritoso, galena, pirita ordinaria i arseniato de niquel. Se han estraido cantidades considerables de este mineral por Copiapó, con una lei de algo mas de 40 por ciento de niquel cobaltífero: el mineral puro es de color amarillo cobrizo bastante subido i

de contestura granula, de grano grueso; su criadero, carbonato de cal, arcilloso.

Composicion	(1)	(2)	(3)	(4)
Arsénico............	54,73	48,80	46,42	47,5
Antimonio..........	—	8.00	—	2,6
Niquel...............	42.21	39,97	48,90	47.9
Cobalto.............	—	0,16	—	0.6
Hierro...............	0,34	—	0.34	1,4
Plomo...............	0,32	—	0.56	—
Azufre................	0,40	2,00	0,80	—

(1) de Riechelsdorf, por Stromeyer: $NiAS^5$.

(2) de Allemont, por Berthier Ni (As. S)

(3) de Riechelsdorf por Pfoff: suponiendo que el azufre pertenece al plomo i el hierro, la composicion del mineral es $Ni^4 As^3$.

(4) De la Colorada de Chañarcillo: su estructura es de grano sumamente fino e igual i su color cobrizo amarillento mas pálido que el de las variedades mas comunes de Sajonia. Se acerca mucho por su composicion al anterior: es decir, en un subarseniuro $(Ni\ Co\ F)^4\ (As\ S^6)^3$ *.

2 *Niquel blanco*.—Weissnickelkies (Rammelsbergite. Dana) $Ni\ As^2$ Segun Booth, en prismas exágonos regulares con truncamientos en las aristas i esquinas. Por lo comun amorfo de color blanco de estaño que tira a azulejo, o gris de plomo claro que se ennegrece por el aire. Al soplete mui fusible con desarrollo de humo arsenical mui abundante. El glóbulo metálico que se obtiene por la calcinacion, fundido con bórax, da un vidrio azul de cobalto en cuyo centro se ve una bolita metálica mas pequeña, i ésta, si se funde con sal de fósforo, produce un vidrio trasparente parduzco en la llama interior i opaco en la esterior. En un tubo cerrado, sublimado abundante de arsénico i un resíduo rojizo. Estructura granuda, compacta u hojosa: en la fractura recien hecha mucho lustre metálico que luego se empaña. Duro i pesado. Dureza 5,5 a 5,75. Peso específico 7,1 a 5,72.

Siempre acompañado, como el anterior, por el arseniato de niquel. Los mineros suelen equivocarlo con el cobre sulfúreo, del cual es fácil distinguir el niquel blanco por su mayor dureza, su modo de portarse al soplete i por ser este mineral inatacable por el ácido muriático, soluble en el ácido nítrico i su disolucion verde semejante al de cobre, no da precipitado alguno por el hierro.

Composicion:

	(1)	(2)	(3)
Arsénico	71,3	65,0	56,4
Azufre	0.2	2,9	2.3
Niquel	28,1	26,8	35,1
Cobalto	—	3,9	—
Hierro	—	1,4	1,4
Criadero	2,2	—	4,7

(1) De Riechelsdorf por Hoffman. Ni Ar^2

(2) De Valais por Berthier; mui parecido al cobalto arsenical, lustroso; estructura granuda u hojosa, de hoja pequeña.

(3) De Chile: amorfo, de color gris de plomo, por dentro lustroso pero se empaña con el tiempo; estructura hojosa mui pequeña o ancha regular, con indicio de cruceros; quebradizo, fragmentos angulosos; no se corta con el cuchillo. En papas cubiertas por fuera de arseniato de niquel terroso, en unas vetas, en el portezuelo del Carrizo, 3 a 4 leguas del Morado, departamento del Huasco

Se halló últimamente en las minas de San Pedro de Atacama la misma especie mineral en unas vetas, formando papas o trozos irregulares en medio de un criadero arcilloso. El mineral en la fractura recien hecha es de color blanco de estaño, pero se empaña pronto: en su estructura se notan ciertas separaciones por cintas de diverso lustre i color, concéntricas; contestura granuda fina i gruesa; en medio de la masa se ven tambien unas hendijas o rajas lenticulares cerradas; despide al golpe de martillo olor arsenical; en un matracito da mucho sublimado de arsénico. Peso específico 5 89. Contiene hasta 24 por ciento de niquel i 4 por ciento de cobalto. Se halla siempre penetrado en proporcion variable de ácido arsenioso i subarseniato de niquel.

Thompson en el cobalto blanco de Schneeberg halló 2,19 de bismuto i medio por ciento de cobre.

Niquel gris—*Niquel arsenio-sulfuré* Duf. *Nickelglanz niquel lustroso* R—Cristaliza en formas que derivan del octaedro regular; tambien amorfo granudo, a veces hojoso; su color es gris de acero que pasa a gris de estaño; se oscurece i se empaña con el tiempo. Dureza 5,5 peso específic 6,2 6,7, mui frájil. Al soplete chisporrotea, da olor a ajo, i en el tubo cerrado, *un sublimado de sulfuro de arsénico.*

Hállase en Suecia, en Harz, Estiria i Turinjia.

Su composicion algo dudosa, conduce a admitir por su fórmula atónica

$$NiS^2+NiAa^2.$$

La misma que la de cobalto gris puro.

Niquel antimonial—En pequeñas tablas hexagonales delgada; por lo comun en pequeños granos, diseminado en medio de la ga-

lena i del cobalto arsenical. Color rojo de cobre que tira a violado; su raspadura parda rojiza, lustroso. Dureza 5,5. Peso específico 7,54. Al soplete no da olor de ajo ni olor sulfuroso; mui refractario, en un tubo produce un sublimado de antimonio. Los ácidos ejercen poca accion sobre este mineral, ménos el agua réjia. Es de composicion análoga a la del cobalto arsenical: Ni Sb, hallándose tambien una parte de antimonio reemplazada por el arsénico. Es mui escaso.

Ocre de niquel (*Arseniato de niquel*).—En masas pequeñas, diseminado, en pegaduras i en cristales capilares. Color verde manzana a veces tan claro que pasa a blanco verdoso. Estructura terrosa. Unas veces compacto sólido, otras veces desmoronadizo.

Al soplete en el matraz, da agua; sobre carbon, olor de ajo i un resíduo agrio de arseniuro. Acompaña los minerales de niquel arsenical de cuya descomposicion proviene:

El de Allemon, en Francia, consta de

Oxido de niquel....................	0,363
Oxido de cobalto..................	0,025
Acido arsénico......................	0,368
Agua..................................	0,245

Acompaña los minerales de arseniuro de niquel de San Pedro de Atacama en cantidad considerable un mineral terroso, de color verde manzana con manchas ocráceas, de contestura en partes granuda i de cierta dureza; presenta por dentro las mismas separaciones por cintas concéntricas que el arseniuro de cuya descomposicion proviene. Los ácidos disuelven sin dificultad la mayor parte del mineral dejando 10 por ciento de resíduo algo verdoso sobre el cual ni el agua réjia en ebullicion prolongada ejerce accion alguna: este resíduo es un silico aluminato de niquel. Contiene este mineral, término medio, 41.8 por ciento de óxido de niquel, 4 1 de óxido de cobalto, 30.8 de ácido arsénico, 0.5 de ácido sulfúrico, silice, alumina i la proporcion de agua no pasa de 8.8 por ciento, mui inferior a lo que corresponde al arseniato de niquel conocido.

Se cita tambien un *arsenito de niquel* descubierto por Stromeyer, i un *sulfato de niquel* (piromelina).

Niquel hidro-carbonatado Emerald nickel, Silliman Ir.—En incrustaciones i en pequeñas masas estalactíticas, a veces prismático; tambien en masas compactas. Color verde de esmeralda; raspadura mas pálida; lustroso, lustre de vidrio, trasparente, trasluciente. En el matracito despide agua i se ennegrece.

Consta segun Silliman de

Oxido de niquel....................	58,81
Acido carbónico....................	11,69
Agua..................................	29,56

En Tejas sobre hierro cromado; en Lancaster asociado con la serpentina. En este mineral mui a menudo el óxido de niquel se halla reemplazado por la magnesia. El mineral llamado por Hermann *pennite* contiene 27,02 de magnesia, 20,10 de cal i 1,25 de niquel; acompaña al anterior con el hierro cromado en Tejas.

MODOS DE ENSAYAR LOS MINERALES DE COBALTO I NIQUEL.

Son complicados e imperfectos los métodos que se conocen hasta ahora, de ensayar los minerales de cobalto i niquel. Ningun método por la via seca da resultados completamente exactos i los métodos mixtos o procedimientos en que se ejecutan operaciones por la vía seca i por la vía húmeda dejan mucho que desear.

Sin embargo la frecuencia con que se hallan los minerales de cobalto i de niquel en Chile, cuyas minas son talvez mas abundantes en estos metales que las del antiguo continente i el desarrollo que toma cada dia mas esta industria, obligan a nuestros ensayadores a conocer los procedimientos que mas se usan actualmente para ensayar los minerales de esta especie, que forman uno de los ramos mas importantes de la riqueza minera del pais

MÉTODO POR FUNDICION I POR DISOLUCIONES APLICADO PRINCIPALMENTE A LOS MINERALES DE CHILE.

Los minerales de cobalto de Chile son de dos especies: *unos*, que son los mas abundantes, vienen de las vetas cobrizas, de los mismos terrenos i localidades que las minas de cobre; constan principalmente de sulforaseniuro de cobalto, mas o ménos ferrujinoso i de arseniato de cobalto, a veces de óxido negro de cobalto; por lo comun no contiene niquel o bien apenas indicio de este metal; no contienen zinc, plomo, ni bismuto; su criadero es casi siempre cuarzoso o arcilloso, insoluble en los ácidos; pero mui a menudo se hallan mezclados en pequeña proporcion con pirita cobriza i sus criaderos, con axinita, algo manganesífera i con hidrato de hierro i sulfato de cal. A esta clase de minerales pertenecen los de San Juan, de Tambillos, de Minillas, del Volcan i probablemente muchos otros.

Otros minerales de cobalto, que no son ni tan abundantes ni tan comunes como los primeros, son los que acompañan toda especie de minerales sulfurados i arsenicales de plata. Constan principalmente de arseniuro de cobalto, casi siempre platoso, asociado con arseniuro de hierro, o de cobre, i contienen siempre proporcion notable de niquel, a veces tanto niquel, que este último casi iguala al cobalto, o lo predomina. De esta especie mineral hallamos en las minas de plata de Punta-Brava de Chañarcillo, de Tres-Puntas, de Cabeza de Vaca etc.

En cuanto a los minerales de niquel, todos los que se halla-

ron hasta ahora, ya sea casualmente en algunas minas del departamento de Huasco, ya, en mayor cantidad, en las del desierto de Atacama, son de biarseniuro de niquel, acompañado de arseniato verde i contienen todos proporcion notable de cobalto. Solamente el mineral arriba citado (páj. 425) que viene del otro lado de la cordillera, de las provincias de San Juan i de la Rioja es de niquel rojo (Kupferniquel).

OPERACIONES.

Reconocimiento preliminar.—Se examinan los caractéres mineralójicos, con el objeto de distinguir las especies estrañas i la naturaleza del criadero. Se calienta el mineral molido en un tubito cerrado por una de sus estremidades, para reconocer si despide sublimado negro o metálico de arsénico, o bien amarillo, i rojizo de súlfuro de arsénico. Se reconoce tambien por el ácido acético si contiene criadero carbonatado, i por agua rejia, cuanto de materia insoluble en los ácidos produce. En fin tratando la última disolucion por el amoniaco en exceso se juzga por la cantidad de precipitado rojizo que se forma, qué cantidad de hierro puede contener.

2.° *Fundicion cruda, escorificacion del criadero, arseniacion.*—10 a 15 gramos de mineral (segun su mayor o menor riqueza) se funden, en un crisol, en un hornillo comun de ensayes de cobre o de plomo, con igual peso de bórax vitrificado molido i mezclado con polvo de la materia que se ensaya. Si esta materia ensayda en un tubito cerrado por un estremo no da sublimado metálico de arsénico, se añade a la mezcla 5 a 10 gramos de arsénico metálico molido. Si se ha reconocido que el mineral no contiene sino una proporcion de hierro pequeña (como por ejemplo sucede hallar en los minerales de niquel de Atacama) se puede agregar 1 gramo o bien 1,5 de hierro en limadura fina (o de cuerda de alambre cortado), i aumentar dósis de arsénico. En fin si la cantidad de criadero, sobre todo la de carbonato de cal es considerable, se aumentará la proporcion de bórax vitrificado hasta 20 o 30 gramos. La mezcla no debe ocupar mas de la tercera parte de la capacidad del crisol, e introducida en él, se cubre de una capa de sal comun. (No seria demas poner por encima un pequeño pedacito de carbon).

Se principia por calentar el crisol lenta i gradualmente, i se da al fin un golpe de fuego albado por unos 5 a 10 minutos.

El buen éxito de la operacion consistirá en obtener el boton arsenical que contendrá todo el arseniuro o sulfoarseniuro de cobalto i de niquel bien reunido en el fondo del crisol, con arseniuro o sulfoarseniuro de cobre i de hierro; (ejc o speis la escoria debe ser homojénea, vitria, de color gris verdoso oscuro o negro, lustrosa i ensayada al soplete con la sal fosfórica, no debe producir vidrio azulejo que anunciaria la presencia de cobalto.

En el caso contrario, se ha de repetir la fundicion, variando segun necesidad las proporciones de arsénico, de hierro i de bó-

rax. Cuando el mineral tiene poco criadero o es polvo lavado (schlich), se puede omitir toda esta operacion de fundicion cruda i pasar directamente a la que sigue.

3. *Fundicion del boton arsenical de la operacion anterior, en un crisol de plata: separacion del arsénico i del azufre.*—Reducido a polvo con precaucion, en un almirez de hierro, el boton de eje de la fundicion anterior, se mezcla con tres veces su peso de salitre i otro tanto de carbonato de sosa (fundido). Introducida la mezcla en un crisol de plata se cubre toda con una delgada capa de carbonato de sosa: no debe toda la mezcla ocupar mas de la cuarta o quinta parte de la capacidad interior del crisol, el cual se coloca sobre un apoyo en un hornillo de calcinacion, en medio del carbon encendido que debe llegar hasta el borde del crisol sin tocarle por ningun lado. Tan pronto como el crisol principia a adquirir calor rojo naciente (en unos 3 a 4 minutos de estar en el hornillo) viene la *deflagracion*, templada por el carbonato de sosa; luego despues entra en fusion la materia i empieza a hervir. En este momento se debe poner mucha atencion en la marcha de la operacion: si se ve que la masa en ebullicion sube demasiado, se coje con unas tenazas el crisol ántes que la efervescencia llegue a sus bordes i se saca del fuego, poniéndolo al mismo tiempo en movimiento jiratorio para que se efectúe mejor la mezcla; pero tan pronto como ha bajado la masa se vuelve a colocar el crisol sobre su apoyo en el hornillo i se repite tres o cuatro veces lo mismo, hasta que la materia entre en una ebullicion mas tranquila. Entónces se puede dejar todavía el crisol medio destapado por unos 5 o 6 minutos en el hornillo, hasta que adquiera el calor rojo mas claro, procurando que el mismo calor llegue al borde del crisol. Se saca el crisol i despues de haberlo enfriado, se limpia, se sumerje ladeado en una taza de agua caliente i se espera que se despegue la materia fundida: lo que se efectúa por lo comun en una hora. Se saca el crisol i se limpia, se decanta la disolucion miéntras está caliente, i se pasa toda la masa no disuelta en un gran matraz. Agrégase un litro mas o ménos de agua i despues de una ebullicion de un cuarto de hora, se decanta el agua; se vuelve a echar otra igual cantidad de agua destilada; se calienta el matraz, se decanta otra vez el agua i se termina el lavado del resíduo sobre un filtro. De este modo se efectúa el lavado mas pronto i completamente. Se procura secar el filtro lo mejor posible, ya sea en una estufa del laboratorio ya en un baño maría, i se despeja el resíduo que consta principalmente de óxidos de hierro, de cobalto, de niquel i de cobre si este metal se halla en la materia sometida al ensaye. Se quema el filtro i sus cenizas se agregan a dicho resíduo.

La operacion de fundicion en el crisol de plata se efectúa con facilidad i sin riesgo de perder el crisol, si se toman ciertas precauciones que son las siguientes: el apoyo, al momento de introducir el crisol debe estar bien enrojecido i el carbon bien encendido, acomodado de tal manera que deje un hueco en que

pueda caber el crisol sin tocar por ningun lado al carbon; el fuego, igualmente repartido por todas partes, debe llegar hasta el borde del crisol, i no se debe hacer uso del carbon que chisporrotea; es tambien de advertir que la reaccion del salitre sobre el arseniuro (la deflagracion) tiene lugar al apuntar el calor rojo i no hai necesidad de elevar mucho la temperatura del crisol ni prolongar el tiempo de la ebullicion de la materia fundida. En todo caso, cuando el crisol al terminar la operacion adquiere color rojo mas claro, en este tiempo es bueno darle pequeña vuelta para que cambien de lugar las partes mas calientes. En fin, el crisol debe ser de plata *fina* mas pura posible, i no de pared mui delgada. Si por inadvertencia cae un fragmento de carbon encendido adentro del crisol, se debe sacar el crisol i principiar de nuevo el ensaye con otra mezcla. (Por mas de diez años ha servido un crisol de plata en el laboratorio del Instituto de Santiago, para esta clase de operaciones, sin deteriorarse sensiblemente).

4. *Separacion del hierro.*— Se recoje el resíduo anterior con la ceniza del filtro en un matraz, se vierte ácido clorhídrico en exceso i se calienta por un momento para convertir la totalidad de cobalto i de niquel al estado de protóxidos. Se vierte poco mas o ménos medio litro de agua recien hervida (1), i se añaden a la disolucion clorhidrato de amoniaco i acetato de sosa, en proporciones que puedan variar segun la mayor o menor riqueza de la materia, pero que en ningun caso perjudicaria emplear en exceso. Se trata en seguida el licor caliente por amoniaco en exceso i se separa por filtracion el precipitado de peróxido de hierro que se forma. En esta precipitacion, durante el lavado suele pasar a dicho precipitado, si se halla en cantidad considerable, algo de óxido de cobalto peroxidado. Es, pues, necesario volver a disolver el mismo precipitado, sobre el filtro, en ácido clorhídrico, pasar lo disuelto en un matracito aparte, añadir a esta disolucion acetato de sosa, volver a precipitar el hierro por el amoniaco i agregar este licor amoniacal al anterior. El precipitado ferrujinoso no debe producir al soplete la reaccion azul de cobalto en el vidrio fosfórico.

5. *Dosis de cobalto, de niquel i de cobre* (si la materia era cobriza) *al estado de súlfuros.*— En los licores amoniacales, despues de haber espulsado por ebullicion la mayor parte del amoniaco libre, se vierte sulfhidrato de amoniaco en pequeño exceso; se ajita la disolucion i en seguida se le deja en reposo por un dia en un matraz bien tapado para que se aclare. Decántase la disolucion i se recojen los súlfuros en un filtro que se lava pronto con agua a la cual se añade unas gotas de sulfhidrato. El licor decantado, unido a las aguas de lavado, suele producir todavía mas tarde, algo de depósito negro de súlfuro que se agre-

---

(1) Al añadir agua suele enturbiarse el licor por la separacion de algo de sílice i de cloruro de plata que conviene separar por filtracion.

ga al anterior; i tambien se junta con este súlfuro la ceniza del filtro que se debe quemar i calcinar completamente.

Estos súlfuros se secan del mejor modo posible (en una estufa o en baño maría), se pasan a un crisolito de porcelana de peso conocido i se pone por encima un poco de azufre molido, este crisolito con su tapa se coloca en un otro ordinario, mas grande, que se tapa despues de haber puesto sobre la tapa del primero unos fragmentos de carbon. Acomodado de este modo el doble crisol se calienta, ya sea por medio de una lámpara de larga llama, o bien en un hornillo de calcinacion, elevando la temperatura al calor rojo algo claro por unos 10 minutos i en seguida se enfria el mismo crisol, con el otro adentro, ámbos tapados. Se pesa el crisol pequeño con los súlfuros adentro, i deducido el peso del crisol se obtiene el de los últimos que contienen el cobalto i el niquel al estado de protosúlfuro (CoS, NiS) i el cobre al estado de subsulfuro (Cu^2s). Si se quiere adquirir mayor seguridad, se puede volver a mezclar estos últimos súlfuros con azufre molido i volver a calcinarlos sin contacto del aire como ántes. Se tomaria en tal caso término medio entre las dos pesadas de la misma materia, si la diferencia no pasara de cierto límite, i se volveria a repetir la calcinacion por la tercera vez si fuera necesario.

6.° *Separacion de cobre, de cobalto i de niquel.*—Se reduce a polvo el súlfuro obtenido en la operacion anterior, i se lo ataca por el ácido nítrico puro evitando de emplear un gran exceso de ácido, o bien haciendo disminuir cuanto sea posible este exceso, por medio de ebullicion o de evaporacion. Añádese en seguida agua i se hace pasar hidrójeno sulfurado, por cuya accion se formará un precipitado negro de súlfuro de cobre si la materia que se ensaya es cobriza. En este caso si el precipitado que se forma, como en los mas casos sucede, es de poco peso, se recoje sobre un filtro, se calcina en una tacita de porcelana lentamente i se eleva mas la temperatura al fin de la calcinacion. Por el peso del óxido negro obtenido se calcula cuanto subsúlfuro de cobre Cu^2s, habia en la totalidad del súlfuro producido en la operacion [5] anterior. Si el peso de súlfuro de cobre pasara de uno a dos decígramos i se quisiera determinar la verdadera *lei por cobre* del mineral ensayado, se someteria este súlfuro ya sea a una calcinacion con azufre sin contacto del aire en un crisolito de porcelana como ántes, o bien se haria el ensaye de este súlfuro por uno de los métodos descritos en el capítulo del cobre. [Se sabe que con el cobre precipitarian el plomo i el bismuto si el mineral ensayado contuviere estos metales).

En cuanto a la disolucion nítrica, en la cual han quedado el cobalto i el niquel, no hai mas que evaporar i reconcentrarla, reduciéndola al menor volúmen posible; en seguida se hace neutralizarla con una disolucion de potasa, se le añade disolucion concentrada de nitrito de potasa, (en exceso), i se lo acidifica con ácido acético procurando emplear este último en cantidad a penas necesaria para neutralizar la potasa que se halla siempre en

corta proporcion libre en el nitrito. En el acto se forma un precipitado amarillo de nitrito de peróxido de cobalto, quedando el niquel en la disolucion, la cual tarda por lo comun en aclararse i se necesita dejarla por uno o dos dias ántes de filtrarla.

Se lava el filtro con una disolucion de cloruro potasio i en seguida, se disuelve el precipitado de cobalto en el ácido clorhídrico.

Por este medio se efectúa la separacion completa de los dos metales, quedando el cobalto en la última disolucion, clorhídrica, i el niquel en la anterior, nitrica.

De la primera se precipita el óxido de cobalto por la potasa; se lava con agua caliente, primero por ebullicion i decantacion i en seguida sobre el filtro; se seca i se calcina el precipitado sin contacto del aire al calor rojo albado en un crisol tapado, colocado en un otro i con fragmentos de carbon, colocados entre las dos tapas, tomando las mismas precauciones que las que se han indicado para los súlfuros. Se saca el crisol con el óxido cuando ya está completamente frio i se pesa.

Tratando del mismo modo la disolucion nítrica de niquel por la disolucion potásica i procediendo en la calcinacion del mismo como se acaba de describir para el cobalto, se obtiene la totalidad de niquel al estado de protóxido. Este último, si ensayado al soplete, con la sal fosfórica, la comunica un color azul debe ser sometido (antes de la calcinacion), al mismo tratamiento por el nitrito de potasa, que ántes (1).

Sobre la precipitacion de los súlfuros.

OBSERVACIONES.—(1) *La precipitacion de los súlfuros de cobalto i de niquel de sus disoluciones amoniacales* por el hidro-sulfato, presenta algunas dificultades: recien precipitados estos súlfuros, son algo solubles en el exceso del reactivo, la disolucion turbia atraviesa el fitro i tiene color pardo: no se aclara sino por la esposicion pro-

---

(1) Rose considera este método de separar el cobalto del niquel, como el mas exacto i mas fácil de todos los metodos que se han propuesto hasta ahora para la separacion de estos dos metales (*Analisis cuantitativo* de Rose Vol. 12 páj. 207, Paris 1862). Siendo esencial para esto tener el nitrato de potasa puro, da las siguientes reglas para la preparacion del reactivo, por el metodo de Strumeyer.

Se hace fundir en una gran cápsula o cazuela de hierro 200 a 250 gramos de nitrato de potasa puro, refinado con doble de su peso (400 a 500 gramos) de plomo metalico; se hace ajitar continuamente la masa fundida con una espátula de hierro, sin elevar la temperatura a mas de calor sombrio. Transfórmase entonces el plomo en un polvo amarillo que contiene todavia pequeña granalla de plomo. Al cabo de unos 20 a 25 minutos de esta operacion se debe aumentar la temperatura algo mas i entonces se produce una deflagracion jeneral, la masa se pone candente i todo el plomo queda oxidado. Se deja enfriar la masa i se vierte agua caliente. Separada por decantacion i por el lavado la disolucion del nitrito contiene algo de plomo que se puede precipitar pasando por esta disolucion una corriente de gas ácido carbónico, i como al cabo de todo no deja de quedar todavia algun indicio de plomo en el licor filtrado se vierte unas pocas gotas de hidrosulfato para precipitarlo completamente. Evapórase el licor hasta la sequedad i se hace calentar todavia el residuo hasta que se aproxime su punto de fusion para descomponer una pequena cantidad de hiposulfito de potasa que puede haberse formado. Preparada de este modo la masa se disuelve en la menor cantidad de agua para tener un licor concentrado.

longada del licor al aire; aclarándose, se forma un depósito negro sulfurado. El licor detiene sobre todo mas súlfuro i por mas tiempo, cuando no contiene sino súlfuro de niquel; i parece que se aclara mas pronto cuando al propio tiempo contiene cobre i cobalto. La precipitacion se efectúa con mayor facilidad en una disolucion mas desleida i que no contenga gran exceso de amoniaco ni de hidro sulfato: se debe decantar tan pronto como se aclara i se vierte inmediatamente sobre el depósito sulfurado agua débilmente impregnada dehidrójeno sulfurado o de hidrosulfato, etc.

(b) *La calcinacion de los súlfuros sin contacto del aire debe efectuarse* a la temperatura de calor rojo, sin elevarla al grado de fusion i sin prolongar demasiado la operacion; porque en tal caso el súlfuro de cobalto cambia de composicion i segun Rose puede pasar hasta al estado de subsúlfuro. En todo caso, para adquirir mayor seguridad acerca de la exactitud del resultado, conviene repetir la misma calcinacion en un doble crisol dos o tres veces, con adicion de azufre. *Sobre la calcinacion de los súlfuros.*

(c) La separacion de los dos metales, cobalto i niquel, contenidos en el licor que proviene de la disolucion de los súlfuros o de los óxidos (operacion 6.ª) puede tambien efectuarse (por falta del nitrito de potasa) del modo siguiente: la disolucion debe ser clorhídrica i los dos metales al estado de protóxidos: lo que se consigue calentando los dos óxidos o atacando sus súlfuros con el ácido clorhídrico en exceso. Se introduce esta disolucion en un frasco provisto de una tapa de crisol esmerillada, se agrega agua recien hervida, se sobresatura el licor con amoniaco hasta que disuelva completamente los precipitados de los dos óxidos (añadiendo aun clorhidrito de amoniaco, si la disolucion no estaba mui acida) i en el acto se tapa el frasco. Si despues de un rato no se ha formado precipitado alguno, prueba que el licor no contenia hierro ni alumina. Se introducen entónces en el frasco por pequeños fragmentos, potasa cáustica o su disolucion, i se vuelve a tapar lo mas pronto posible el frasco. En tal caso precipita solamente el hidrato de niquel de color verdoso; el licor pierde poco a poco su color azul, i cuando ya ha tomado color rosado pálido o mas o ménos rojizo, se decanta la disolucion por medio de un sifon, se vierte sobre el precipitado agua recien hervida i todavía caliente, se vuelve a decantarla i se acaba por lavar el niquel sobre el filtro. En cuanto al cobalto, seria indispensable precipitarlo por el hidrosulfato, disolver el súlfuro en los ácidos i precipitar en seguida el hidrato de cobalto por la potasa. Este modo de proceder tiene el defecto de emplear cantidad enorme de potasa, de manera que segun Rose, cuando la cantidad de cobalto pasa de un gramo se necesitaria mas de 200 gramos de potasa para la precipitacion completa del niquel: al propio tiempo el lavado del óxido de niquel presenta dificultades i es difícil que durante la operacion no se forme algo de sesquióxido de cobalto que precipita con el niquel. *Sobre la separacion por la potaza.*

Otro método que se usa tambien para la separacion del cobalto i niquel, i da resultados bastante aproximados a la verdad, consiste en precipitar los dos metales por la potasa al estado de hidratos. Este precipitado, despues de haberlo lavado, se disuelve (estando todavía húmedo), en una disolucion de cianuro de potasio i se aña de óxido rojo de mercurio (en polvo mui fino) Calentando el li- *Sobre separacion por el cloruro.*

cor i ajitándolo, se obtiene un precipitado verde amarillento de cianuro doble de niquel i potasio, i queda en la disolucion el cobalto.

Sobre la fundicion cruda. (d) Cuando se trata de hacer un ensaye de comercio sobre un mineral mui heterojéneo, pobre i de mucho criadero es *indispensable* tomar 40 a 50 gramos de mineral i fundirlo en un crisol grande con otro tanto de bórax vitrificado i 2 a 3 gramos de carbon en polvo (o mejor de colofonio), añadiendo arsénico metálico (si el mineral no da sublimado de arsénico en un matracito), i cubriendo la mezcla con una capa de sal. Si el boton del eje (speis) es grande se tomará de él para las demas operaciones 1.5 a 2 gramos.

Pero si el mineral es de poco criadero i rico en cobalto i niquel, o si es mineral lavado (schlich), se puede, como ya se ha dicho, someterlo directamente a la segunda operacion, en el crisol de plata, sin hacerlo pasar por la fundicion cruda.

Método de Plattner, por la via seca.

(Sacado del *Tratado de Ensayes* de Kerl, metallurgische Probirkunst, Leipzig, 1866).

Por este método se puede determinar a un tiempo las proporciones de niquel, cobalto, plomo, bismuto i cobre (si este último se halla en poca cantidad) contenidos en un mineral.

Si contiene el mineral sustancias terrosas (criadero) i azufre, se procura espeler primero por medio de una *tuesta* prolongada el azufre, i en seguida, obtener los metales al estado de arseniuros. Se funde la materia arseniada con hierro metálico i flujos reductivos, con lo cual se escorifican las partes terrosas, i se reunen los arseniuros en un boton. Este último, mediante repetidas fundiciones con flujos oxidantes i bórax, se limpia del arseniuro de hierro, i al propio tiempo se volatilizan el zinc i el antimonio. Espuestos los arseniuros restantes al calor rojo vivo, para volatilizar el exceso de arseniuro, forman un arseniuro compuesto de $(Co, Ni)^4AS$ o bien de $(Co\ Ni)^4AS$ i Cu^6AS. Fundiendo en seguida este poliarseniuro con flujo oxidante i bórax, i agregando, en fin, oro, quedará el arseniuro de niquel solo con un boton de alcacion de oro con cobre.

OPERACIONES.

Primer caso; sustancias que no contienen cobre.

1. Se toma para el ensaye un *peso* de materia, tal que, despues de haber escorificado el arseniuro de hierro, los de niquel i cobalto pesen 50 a 75 centigramos; pues botones mas grandes necesitan mas tiempo para operaciones i pueden alterar el resultado de las reacciones. Para esto, se necesita hacer un ensaye preliminar si por los caractéres esteriores del mineral no se alcanza a apreciar poco mas o ménos su contenido.

2. *Calcinacion con el contacto del aire* (para materias que contienen azufre i sustancias terrosas).—Para súlfuros i sulfa-

tos se agrega carbon de leña; para plomo i bismuto, carbonato de amoniaco. Si el mineral contiene sulfatos de cal, de barita o súlfuros alcalinos, se funde primero por eje crudo, en un crisol de arcilla, con 10 a 15 gramos de bórax, 5 a 10 gramos de vidrio molido i 0,5 gramos de colofonio cubriendo el todo con sal comun, i poniendo un pedacito de carbon por encima.

En tal caso las materias terrosas i los óxidos metálicos se escorifican; los súlfuros i los sulfatos reducidos a súlfuros forman un boton de eje crudo; pero si las materias que se ensayan no tienen bastante arsénico para niquel, este metal tambien se perderia en gran parte en la escoria. Para evitar esta pérdida, se añade en la fundicion cruda 0.5 a 1.5 gramos de arsénico metálico.

Antes de tostar este eje es necesario moler i lavarlo sobre un filtro con agua caliente, para disolver el súlfuro de sodio.

3. *Arseniacion.*—En esta operacion se trata de convertir el niquel, el cobalto i el hierro en arseniuros. Mézclase el eje reducido a polvo con un peso igual al suyo (o cuando mas peso i medio) de arsénico metálico molido, e introducida la mezcla en un crisol de arcilla, se coloca el crisol tapado en el fondo de la mufla por unos diez minutos, manteniéndolo con calor rojo amarillento i la puerta cerrada, hasta que, al destapar el crisol, no aparezca mas el vapor o llama de arsénico. Enfriase el crisol, tapado; i si la sustancia contiene mucho cobalto, se repite todavía la misma operacion, por ser este metal mui oxidable.

Es tambien de advertir que para las materias ricas en cobalto i pobres en niquel i cobalto, se añade 10 a 20 por ciento de limadura fina de hierro.

4. *Fundicion con flujos reductivos i disolventes.*—Para esta operacion se empleará el crisol en que se ha hecho la *arseniacion* de la operacion anterior. La mezcla que se añade varía de composicion segun lo contenido de los arseniuros:

(a) A las sustancias que no contienen plomo, se añade 2 a 2 i media partes de flujo negro, una cucharita de bórax calcinado i dos de vidrio comun (que no tenga plomo) con tres veces su peso de sal, i se añade un pedacito de carbon. Se ha de principiar por calentar lentamente la mufla i se aumenta en seguida el fuego por 15 a 25 minutos hasta que cese de salir del crisol la llama. Las señas de un ensaye bien hecho son: escoria bien fundida, verde o negra, pero no azul i el boton agrio, bien fundido. Con este objeto, siendo el arseniuro de cobalto poco fusible, si la materia contiene poco niquel i cobalto, es indispensable añadir a la mencionada mezcla 4 a 5 por ciento i segun la necesidad hasta 10 a 20 por ciento de hierro con limadura.

(b) Las sustancias que contienen plomo i bismuto, se funden con las mismas mezclas que la anterior, solamente se pone encima de la mezcla un pedazo de alambre de hierro, cuyo peso no pase de 5 a 10 por ciento, si se supone que hai 10 a 15 por ciento de plomo i bismuto en el mineral i cuando mas 25 por ciento cuando la proporcion de estos metales es mayor. Un exceso de

hierro quitaria una parte de arsénico al niquel i al cobalto i la escorificacion del hierro se prolongaria demasiado. Reducidos por el hierro los arseniuros de plomo i de bismuto, se hallarán debajo o al lado del boton adheridos a éste, i se podrá separarlos mecánicamente con cuidado. Si el mineral no contiene plomo o solamente bismuto, es necesario añadir en esta operacion 10 a 12 por ciento de plomo. Sin agregar plomo, se puede separar i determinar el peso del bismuto, calentando despacio en la llama de espíritu de vino el boton de arseniuros (a cuya superficie se halla pegado el bismuto), i dando un lijero golpe al boton, para que caiga el bismuto derretido, golpe parecido al que se da al alambre de platina para dejar caer una perla del ensaye.

5. *Escorificacion del arseniuro de hierro mediante el bórax.* —Se pone 1 a 2 gramos de bórax vitrificado sobre un pedazo de crisol partido a lo largo i colocado en la mufla i rodeado de carbon encendido, que tenga calor rojo albado. Se introduce en el bórax el boton, que se supone compuesto solamente de arseniuro de hierro, niquel i cobalto, i se cierra la puerta de la mufla. Tan pronto como esté fundido el boton, se abre la puerta; principia la oxidacion del hierro, cuyo óxido va pasando a la escoria i continuará volatilizándose el arsénico, miéntras queda algo de hierro en el arseniuro fundido. Al momento de salir las últimas partículas de hierro, relumbra el boton; aparecen primero puntos relucientes en el borde inferior del boton, quedando todavía pequeñas escamas de arseniato de hierro en el centro; pero luego éstas desaparecen i la superficie del boton se pone toda limpia, brillante. Importa mucho que en esta operacion la temperatura no sea ni demasiado alta ni demasiado baja: en el primer caso, el boton se verá todo reluciente ántes que pierda todo su contenido de hierro; en el segundo, se cubrirá de una gruesa costra que podrá contener cobalto.

Luego que el boton haya adquirido su brillantez necesaria, se saca de la mufla el escorificatorio (que en este momento despedirá todavía vapores arsenicales), i se enfria, tocándolo por su parte de abajo el agua fria. Para asegurarse que ya se ha separado completamente el hierro, se funde de nuevo rápidamente el boton con bórax, como ántes, i se saca luego de la mufla para ver qué color tiene la escoria: si es azuleja hai seguridad de que no ha quedado hierro con los demas metales.

Es absolutamente indispensable la separacion completa del hierro, sin lo cual no se podrá formar en las operaciones siguientes el arseniuro de cobalto i de niquel (Co^4AS, Ni^4AS) de composicion atómica fija; para conseguir que se separe completamente el hierro, es imposible evitar que al propio tiempo no se pierda una pequeña cantidad de cobalto que pasará a la escoria con las últimas partículas de hierro. Si la materia que se ensaya contiene mucho hierro, es necesario repetir la misma operacion en repetidas escorificaciones. Una escoria sobresaturada de hierro, presenta en su superficie escamas de arseniato de hierro rojizo. Si el boton en estas operaciones chisporrotea, es seña que contenia azufre.

6. *Volatilizacion del exceso de arsénico.*—Obtenido en la última operacion el boton, no tiene todavia composicion fija i es menester quitarle por la volatilizacion el exceso de arsénico: lo que se consigue, calentando el boton en un pequeño crisol (como el que se usa para ensayes de plomo) lleno de carbon molido, i tapado a la temperatura de calor rojo amarillento de la mufla, por un cuarto de hora, o cuando mas por media hora, pesando en seguida el boton i volviendo a repetir la misma operacion de calentarlo i de pesar, hasta que dos pesadas consecutivas dan el mismo peso. En tal caso el cobalto se halla precisamente al estado de C^4 As i el niquel a forma Ni^4Hs.

7. *Escorificacion del cobalto* Co^4As.—Se derriten en un escorificatorio colocado en una mufla, 1.2 gramos de bórax i luego se introduce, en el bórax fundido el boton que proviene de la operacion anterior. Con la puerta de la mufla abierta se efectúa la oxijenacion del arsénico que se volatiliza i la de cobalto que se disuelve en la escoria tiñéndola de azul. Se procede con la temperatura mas elevada que la que exije la escorificacion de hierro, miéntras permanezca el boton reluciente, porque ésta será la seña de que todavia queda algo de cobalto en los arseniuros. Se da por concluida la operacion cuando en este mismo boton lustroso principian a aparecer escamitas verdes de arseniato de niquel i la escoria toma color violado, debido al azul del cobalto i al pardo de niquel. Si se eleva demasiado la temperatura no se distinguirán esas escamitas verdes de niquel i si se enfria demasiado, se formará en la superficie del boton polvo negro i se abrasará mucho la escorificacion. En todo caso si la proporcion de cobalto es considerable será preciso renovar repetidas veces el bórax; la pérdida del niquel es insignificante.

Del peso del boton, libre del cobalto, i cuya composicion atómica es fija Ni^4 As, se deduce el de niquel que se halla en proporcion de 60.7 por ciento en dicho boton. Si del peso anterior del boton que contenia los arseniuros de cobalto i de niquel se resta el ultimo de arseniuro de niquel, se obtiene el peso de arseniuro de cobalto que contiene 61.5 por ciento de metales.

Segundo caso.—*Ensaye de sustancias cobrizas.*—Se principia por proceder del mismo modo que en el caso anterior, para obtener mediante la escorificacion del hierro i del cobalto un boton compuesto solamente de arseniuros Ni^4 As i Cu^6As. Pero si en seguida, se sometiera este boton a una escorificacion con bórax para disolver el niquel,—quedaria solamente el arseniuro de cobre, de composicion variable i por consiguiente de su peso no se podria sacar el verdadero peso del cobre.

Para obviar a este incoveniente, se procede, *en el caso de hallarse el cobre en menor cantidad que el niquel,* del modo siguiente:

Se funde en el escorificatorio en lugar de bórax, sal fosfórica i se introduce en la materia fundida, el boton de Ni^4As, Cu^6As con 6 a 8 veces su peso de oro. La temperatura de la mufla debe ser de color albo i el boton debe ser pequeño, de manera que

cuando la sustancia que se ensaya es mui cobriza basta que el peso de los dos arseniuros sea de 6 centígramos.

Se funde el boton con el oro con la mayor rapidez posible (la puerta de la mufla cerrada), i se procede a la escorificacion del niquel, la cual necesita mas tiempo que la del cobalto. La operacion se da por terminada cuando el boton metálico queda reluciente es de color verde mar i cesan de humear los vapores arsenicales. El color de la escoria debe ser entre amarillo i pardo; el boton debe achatarse en el yunque sin rajarse. Restando el peso del oro añadido del peso de la aleacion, se tiene el de cobre, i se calcula a qué cantidad de subarseniuro Cu^6As corresponde este peso de cobre, admitiendo que el arseniuro Cu^6As contiene 71.7 por ciento de cobre. Restando en seguida, determinado de este modo el peso de arseniuro de cobre, del peso del boton que contuvo cobre i niquel (Cu^6As, Ni^4As) se obtiene el peso del arseniuro de niquel Ni^4As del cual se deduce el de niquel.

Cuando la proporcion de niquel contenido en la materia que se ensaya es mui subida se debe renovar repetidas veces la sal fosfórica, i si se queda algo de niquel en el boton es preciso fundirlo de nuevo con un poco de bórax que no obra tan lijero como la sal fosfórica sobre la escorificacion del cobre.

Si no se ha añadido cantidad suficiente de oro, pasará algo de cobre a la escoria i el boton en lugar de tener lustre, se cubrirá de una película de óxido de cobre.

Si la materia que se ensaya contiene tanto cobre como niquel o si la proporcion de cobre predomina, habrá siempre algo de cobre escorificado; i segun Winkler, esta pérdida de cobre en la escorificacion es inevitable: de manera que si se quiere determinar la *lei* de cobre en un mineral de esta naturaleza, Winkler aconseja separar el cobre por la vía húmeda (*Berg. und Huttenanische Zeitung* 1863. Páj. 345.)

Observaciones:—Este método por la vía seca es el que se usa comunmente en Alemania, lleva la ventaja de ser mas corto que el anterior, mas espeditivo para los ensayadores familiarizados con operaciones por la vía seca en hornillos de mufla sobre pequeñas cantidades de materia: es tambien jeneral, i sirve para determinar a un tiempo las cantidades no solamente de cobalto i de niquel, sino de los demas metales útiles (plomo, bismuto, cobre) contenidos en él mineral.

Pero es innegable que se necesita mucho hábito i esperiencia, para efectuar las operaciones en que no hai señas claras i positivas para apreciar el momento en que, por ejemplo, acaba de escorificarse el hierro i principia la oxidacion del cobalto, o bien en que se complete la escorificacion del cobalto i principia la del niquel. Es tambien claro que operando sobre 50 a 75 centígramos de materia, las pérdidas e inexactitudes deben influir sensiblemente sobre la apreciacion de la totalidad de la lei del mineral.

Por otra parte el método *misto*, por disoluciones, tal como es-

tá descrito, es largo, exije tener el laboratorio provisto de reactivos, que si bien son de fácil preparacion, no siempre se hallan a disposicion del ensayador. Obsérvese sin embargo, que las mas de estas operaciones que necesitan tiempo, como por ejemplo, la clarificacion i decantacion de los licores amoniacales que tienen un pequeñoexceso de sulfhidrato, las evaporaciones, i la precipitacion completa del cobalto por el nitrito de potasa, no exijen la atencion contínua del ensayador que en todo este tiempo puede ocuparse de otros ensayes i otras operaciones; las reacciones que se efectúan por este procedimiento, son mas claras, bien visible, no dejan nada al arbitrio del ensayador; i los errores e inexactitudes no son tan sensibles, atendiendo a la mayor cantidad de materia que se somete al ensaye.

Puede tambien el ensayador abreviar notablemente este método por disoluciones, conociendo la naturaleza de los más minerales que provienen de las minas de Chile i que no contienen plomo, bismuto, zinc ni cobre en proporcion notable. En estos casos todo el ensaye constaria de las tres o cuatro operaciones siguientes:

1. Fundicion con salitre i carbonato de sosa en un cristal de plata; lejiacion i el lavado de los óxidos.

2. Tratamiento de estos últimos por el ácido muriático: precipitacion del hierro por el exceso de amoniaco, con adicion prévia del acetato.

3. Precipitacion de los dos sulfuros por el hidrosulfato. El peso del súlfuro, en los mas casos, si el mineral es de cobalto, daria inmediatamente la proporcion de este metal en el mineral.

4. Si el mineral es de niquel o bien de aquellos minerales de cobalto que por lo comun acompañan la plata o son platosos, se tratará el súlfuro por el ácido nítrico i en seguida por el nitrito —no quedará mas que precipitar por separado las disoluciones de cabalto i de niquel por la potasa.

Todas estas operaciones podrian efectuarse en el término de siete a ocho dias.

Corresponden tambien las operaciones de este procedimiento misto, compuesto de operaciones por la via seca i por la vía húmeda, a las operaciones que se usan actualmente para beneficiar los minerales de cobalto i níquel en Inglaterra: de manera que las del ensayo pueden servir de indicacion para las que conviene seguir en las de beneficio en grande.

En efecto, el procedimiento practicado en Swansea, cuyos detalles debo al señor don Antonio Brieva, consta de las operaciones siguientes:

1.° *Fundicion cruda*: horno semi-alto alimentado con coke; los minerales contienen un tres por ciento de cobalto i niquel, un cuatro por ciento de cobre, arsénico i antimonio; el eje obtenido contiene el cuatro a cinco por ciento de niquel i cobalto.

2.° *Calcinacion* del eje pulverizado en un horno de reverbero de doble plan.

3.° *Fundicion del eje* calcinado en hornos de reverbero; se obtiene eje que pueda contener hasta 25 p% de niquel i cobalto.

4.° *Calcinacion del segundo eje* reducido a polvo mui fino, en un horno de reverbero por 6 u 8 horas.

5.° *Disoluciones de los óxidos* mediante el ácido clorhídrico (de 30°) i del vapor del agua en unas cubas de piedra.

6.° *Separacion del hierro de una parte de arsénico* por el carbonato de cal en polvo, empleado en cantidad determinada, con auxilio del vapor de agua, en unos barriles de madera.

7.° *Separacion del cobre, del arsénico, del antimonio, etc.*, por el hidrójeno sulfurado en unas cubas de madera por espacio de dos o tres horas.

8.° *Separacion del ácido sulfurico* por el clorhidrato de barita.

9.° *Separacion del cobalto* por medio de una corriente de cloro que se hace pasar por la disolucion.

10. *Precipitacion del óxido de niquel por una lechada* de cal i vapor de agua o bien por el carbonato de sosa.

11. *Reduccion del óxido de niquel*, en unos crisoles de arcilla refractaria con 25 por ciento de carbon de leña.

ANTIMONIO.

Caractéres. El antimonio es de color blanco; lustroso en la fractura recien hecha, pero se empaña por el aire húmedo. Su contestura es cristalina, hojosa, ramificaciones en la superficie, es duro, quebradizo, con facilidad se reduce a polvo; su densidad varía de 6.78 a 6.86. Se funde a la temperatura del fuego algo superior al rojo sombrio, i a una temperatura mas elevada se volatiliza: el olor de su vapor, tira algo al olor de ajo, pero es distinto del de arsénico. No descompone el agua sino a la temperatura elevada. El ácido clorhídrico algo concentrado lo disuelve con facilidad a la temperatura de 50 a 60°; el ácido sulfúrico tambien obra con enerjía. El ácido nítrico mui débil disuelve el metal sin auxilio del calor, pero concentrado i caliente, lo transforma en ácido antimónico, que es un polvo blanco, insoluble en el exceso de ácido. La disolucion clorhídrica se enturbia formando un precipitado blanco abundante de oxicloruro i la presencia del ácido tártrico en el licor impide que se forme ese precipitado.

Calcinado con el contacto del aire arde, produciendo humo blanco de óxido de antimonio, pero se produce a un tiempo algo de ácido antimónico. Se combina directamente con el cloro, con el azufre.

Oxidos.—Forma dos ácidos de composicion definida, que son: el sesquióxido Sb^2O^3 i el ácido antimónico Sb^2O^5.

El sesquióxido es blanco, fusible al calor rojo i volatil a la temperatura mas elevada. Cuando se calienta al contacto del aire i la temperatura no pasa de calor rojo naciente, absorve oxíjeno i se transforma en antimoniato de óxido de antimonio Sb^2O^4, el mismo que se forma cuando se calienta fuertemente el ácido antimónico. Mui soluble en el ácido clorhídrico; el ácido nítrico concentrado i el agua réjia lo hacen pasar al estado de ácido antimónico. Las disoluciones de sesquióxido son sin color. Se en-

turbian al agregar agua, forman precipitados con la potasa i sosa solubles en el exceso de reactivo. El amoniaco i el carbonato de amoniaco precipitan completamente el antimonio al estado de hidrato, insoluble en el exceso de reactivo. El hidrójeno sulfurado forma precipitados de color amarillo naranjado, solubles en el hidrosulfato. El antimonio precipita al estado metálico por varios metales, particularmente por el zinc i el estaño. Contiene 84.32 por ciento de metal.

El *ácido antimónico* es de color amarillo pálido; insoluble en el ácido nítrico, soluble en el ácido tártrico, dificilmente en las disoluciones aun concentradas de potasa i sosa. Contiene 76.34 por ciento de metal.

Súlfuros.—Se conocen dos súlfuros de antimonio Sb^2O^3 i Sb^2S^5. El primero es el que constituye los minerales de antimonio, es fusible al calor rojo sombrio, volátil sin descomponerse, reductible por el hidrójeno i por el carbon. En la calcinacion con el contacto del aire se forma el sesquióxido i todo el azufre se volatiliza sin producir ácido sulfúrico. El vapor de agua, al apuntar el calor rojo obra rápidamente sobre el súlfuro, dando lugar a la produccion del sesquióxido i de hidrójeno sulfurado. El ácido clorhídrico caliente ataca fácilmente el súlfuro, con desarrollo del hidrójeno sulfurado. Fundido con 4 a 5 partes de carbonato alcalino, se reduce parcialmente, dejando algo de súlfuro i de óxido en la escoria i volatilizándose en parte; no se efectúa la reduccion completa añadiendo aun al carbonato alcalino carbon.

El antimonio se emplea particularmente en la fabricacion de las aleaciones (caracteres de imprenta) i de varias preparaciones farmacéuticas. Los minerales de que se estrae son los siguientes: *Uso.*

Antimonio nativo.—En masas, diseminado, arriñonado. Color blanco de estaño, resplandeciente o lustroso, lustre metálico. Estructura hojosa plana de tres cruceros paralelos a las caras de un romboedro de 117° 15', i uno mas perfecto perpendicular al eje del mismo romboedro. Blando, poco dócil, poco resistente. P. 6,70. D. 2,5 a 3. *Minerales.*

Soluble en el ácido muriático en ebullicion, i su disolucion da un precipitado blanco con el agua.

Cuando puro, exhala al soplete sobre carbon, un humo picante de olor distinto del de arsénico, i se funde, cubriéndose el boton de una sustancia reticular cristalina. En el matraz, no se sublima, aun cuando se aumente el calor hasta que se funda el vidrio.

Cuando contiene arsénico, tiene una estructura testácea i fractura granuda i hojosa imperfecta; su lustre se empaña con el aire. Al soplete en el matraz, se forma un sublimado de arsénico; i el resíduo sobre carbon despide olor de ajo. El *antimonio arsenical* es mas duro i menos denso que el antimonio puro. D. 3,5. P. 6,1.

No es abundante en la naturaleza: sin embargo se encuentra en muchas localidades, particularmente en las minas de plata

del antiguo continente, i en Méjico, en las de San Juan, Huetamo, Cuencamé, etc. Se ha hallado en cantidad considerable en Chile, en una veta de plata en las minas del Carrizo (departamento del Huasco), diseminado en pequeños granos de formas irregulares, i en hojillas mui parecidas a las de la galena, de la cual se distinguen por su color blanco de estaño, mucho mas claro que el de la galena. Tambien testáceo en el Huasco.

Sus compañeros mas constantes son la plata nativa, el rosicler, el antimonio gris, el cobre gris platoso, etc. Sus criaderos son el carbonato de cal, el espato pesado, etc.

Antimonio gris (*súlfuro de antimonio*).—En masas, diseminado i cristalizado en agujas i cristales, que derivan de un prisma recto rombal de 88° 31′ i 91° 30′. Forma habitual, es un prisma rombal modificado i terminado de diversos modos. Cristales largos, medianos i pequeños, atravesados o agrupados en ramilletes a veces encorvados; rayados a lo largo; las caras de apuntamientos, lisas. Color gris de plomo comun, que suele estar tomado de los colores del arco íris i del hierro pavonado. Lustre metálico. Por fuera, lustroso o resplandeciente; por dentro, espejado o resplandeciente a poco lustroso. Estructura estriada, ancha i angosta, recta i diverjente. Cruceros fáciles i perfectos, paralelos al eje, i que forman entre sí ángulos casi rectos; las caras de los cruceros mui lustrosas. Fractura trasversal, concoídea, pequeña i desigual de grano grueso. Blando de 1,5 a 2; dócil, quebradizo. P. 4,62.

Es fusible en la llama de una vela. Al soplete en el tubo abierto, da mucho humo blanco, i despide olor de azufre quemado. Sobre carbon se absorve mui pronto, i se cubre de una masa negra de lustre de vidrio: despues de algun soplo, asoman globulitos metálicos; con el soplo prolongado, todo se volatiliza i esto lo hace distinguir de otros polisúlfuros ferrujinosos o plomizos que dejan siempre un residuo.

Es atacable por el ácido muriático concentrado, mediante el calor, con desarrollo de hidrójeno sulfurado sin depósito de azufre. Consta de

Antimonio	0,7277	
Azufre	0,2723	.... $Sb^2 S^3$

Contiene tambien frecuentemente oro i a veces plata.

En varias localidades se ha hallado en Chile este mineral, particularmente en las minas de plata de Carrizo, de Pampa-Larga, de Lomas-Bayas i de Tunas.

A mas del antimonio gris se encuentran en la naturaleza en cantidad considerable.

Varios *súlfuros dobles de antimonio i de plomo* i otros, *de antimonio i de hierro*.

Modos de ensayar. Se hace el ensaye de súlfuro de antimonio de dos modos: 1.° calcinando i fundiendo la materia calcinada con flujo negro; 2.° fundiendo el súlfuro crudo con hierro.

1.° *Ensaye por calcinacion.*—La calcinacion de ese súlfuro exije que se tomen precauciones mui grandes, porque es mui fusible, i el óxido que se forma, mui volátil: se debe por consiguiente templar el calor durante toda la operacion i es menester revolver continuamente el polvo para impedir que se aglomere. Cuando deja de desarrollarse el ácido sulfuroso, es prueba de que nada queda ya de azufre, porque nunca se forma sulfato. Se funde despues este resíduo de calcinacion con 3 partes de flujo negro, del mismo modo que se hacen los ensayes de plomo, teniendo cuidado de moderar el fuego, i de sacar el crisol tan pronto como se juzgue que la operacion está concluida. Este método no se puede aplicar a los súlfuros dobles de hierro i antimonio, ni a los minerales ordinarios de súlfuro mezclado con pirita.

2.° *Ensayes por el hierro.*—El hierro metálico se apodera con facilidad del azufre del súlfuro de antimonio aun a una temperatura poco elevada; pero habiendo poca diferencia en el peso espífico de los dos súlfuros, no es fácil separarlos por fundicion: esto no se verifica sino mediante un golpe de fuego mui activo, que se ha de dar al tiempo de concluir la desulfuracion, i que se debe prolongar por un rato, manteniendo la sustancia en estado de fusion completa. De este modo se obtiene una masa fundida, compuesta de dos partes que se separan fácilmente: una blanca, hojosa, de hojas anchas, que es *el régulo* o antimonio metálico, al cual adhiere un poco de eje; la otra de color amarillo de bronce, un poco mas clara que el protosúlfuro de hierro ordinario, está mezclada con un poco de antimonio metálico. Durante la operacion se volatiliza siempre una cantidad bastante considerable de antimonio; i esto de ningun modo se puede evitar. Para disminuir esta pérdida, Berthier aconseja no tomar mas que 40 partes de hierro por 100 de súlfuro, i emplear este hierro en estado de limadura mui fina. Por este método se saca del súlfuro de antimonio en pequeño, 0,635 de antimonio, i en grande, 0,55.

Uno de los grandes inconvenientes que tiene este método, proviene de que se necesita un flujo mui activo para que se separe el eje del antimonio; i este inconveniente no existiria, si se pudiese producir un eje mas liviano i mas fusible que el súlfuro de hierro. Para conseguir este efecto, se añade al hierro una cierta cantidad de un carbonato alcalino, por ejemplo, de carbonato de sosa, que se emplea en proporcion de 50 por ciento de súlfuro de antimonio i 42 de hierro. La fusion se verifica mui pronto, sin hincharse; el eje mui líquido, se separa con la mayor facilidad del antimonio; i se obtiene de 65 a 66 de antimonio.

En lugar de carbonato alcalino, se puede tambien emplear sulfato de sosa i carbon, mezclados con limadura de hierro; o bien, en lugar de hierro, se puede tomar óxido de hierro, carbon i carbonato alcalino, etc.; pero de cualquier modo que el mineral de antimonio se ensaye por la vía seca, la lei se determina solo aproximativamente.

CROMO.

El cromo obtenido por la reduccion de su óxido mediante el carbon a la temperatura de los ensayes de hierro forma masas porosas que se deshacen facilmente en polvo, oxidable al calor rojo, casi inatacable por el ácido clorhidríco, los álcalis por la vía seca lo transforman en ácido crómico. Forma dos óxidos que son: el *sesquióxido* Cr^2O^3 que es verde, infusible; calcinado, es insoluble en los ácidos i disoluciones alcalinas; al calor rojo los álcalis lo transforman en ácido crómico. Es una base mui débil; sus disoluciones son verdes o violadas; precipita por los álcalis fijos por el amonicao i por el hidrosulfato, al estado de hidrato verde. El *ácido crómico*, CrO^3 es rojo, mui soluble en el agua i en el alcohol, se descompone facilmente por el calor, por los ácidos sulfhídrico, sulfuroso, etc., con el ácido clorhidrico forma agua rejia. El alcohol la hace pasar al estado de sesquióxido. Sus sales neutras son amarillas, los ácidos son rojos.

Usos. El principal uso de los minerales de cromo es para fabricar el cromato i bicromato de potasa, el *amarillo de cromo* tan usado en los tintes, tambien para extraer el óxido de cromo, que comunica un verde hermoso a la porcelana, i con el cual tambien se pinta al oleo. La única especie mineral que se emplea para estas preparaciones, comprende muchas variedades, que todas se conocen bajo el nombre de hierro cromado.

Mineral de cromo. *El hierro cromado* es de color negro de hierro, que pasa al gris de acero, i de lustre metálico débil; su estructura compacta u hojosa imperfecta; su polvo pardo; es ágrio, quebradizo, bastante duro para rayar el vidrio; su peso específico como de 4, 5; no es magnético, i no es atacable por los ácidos aun mas activos. —Se halla en masas, diseminado i cristalizado en octaedros regulares: consta de óxido verde de cromo, alumina, peróxido i protóxido de hierro; i su fórmula de composicion es,

$$\overset{\cdots}{R}R+R$$

Comprendiendo en el primer término el óxido de cromo i los óxidos de hierro i de alumina de composicion análoga, i en el segundo, los protóxidos de hierro, de manganesa, etc. La proporcion de cromo en las diversas especies de hierro cromado varia de 31 a 37 por ciento. Se halla en los Estados-Unidos en Hobokén, Nueva, Jersey-New, Haven etc.

Modo de reconocer el cromo. Es fácil reconocer en un mineral la presencia del cromo, fundiendo en un crisol de plata una mezcla de este mineral con potasa i salitre; lavando la masa fundida con agua, la mas pequeña cantidad de cromo comunicará en este caso al licor un color amarillo. Al soplete, las sustancias que contienen cromo, dan con el bórax un vidrio de color verde de esmeralda mui hermoso.

Modos de ensayar. Siendo el cromo infusible, i el óxido de cromo mui difícil de

reducirse, no se puede determinar la lei de cromo por la vía seca, sino aleando este metal con otros metales que sean fusibles, i tengan mucha afinidad con el cromo, como por ejemplo, el hierro: aun de este modo, hai dificultad en encontrar un flujo que no se oponga demasiado a la reduccion del óxido de cromo.

Pero el principal uso que se hace de los minerales de cromo, siendo la estraccion del óxido verde, i la del cromato de potasa, o de amarillo de cromo, se puede determinar la riqueza de un mineral de esta clase preparando por medio de este mineral aquellas sustancias, i viendo qué cantidad de ellas se puede estraer de un mineral crudo.

Preparacion del óxido verde.

Se prepara el amarillo de cromo, calentando en un crisol a la temperatura del calor albo, una mezcla de mineral molido i de salitre: la proporcion de este último varia de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ del peso del mineral, segun la riqueza de éste, i nunca debe pasar de $\frac{3}{4}$, porque en este caso se formaria un aluminato de potasa, que se disolveria despues con el cromato. Concluida esta primera operacion, se hace dijerir la masa en mucha agua caliente, se lava, i despues de haber unido las aguas del lavado al primer licor amarillo, se reconcentra el licor para cristalizar el cromato de potasa. Para obtener el bicromato de potasa, que es de color rojo anaranjado mui lindo, se agrega primero al licor una cierta cantidad de ácido nítrico o sulfúrico i se hace cristalizar la sal.

Por medio de estos cromatos se prepara el verde de cromo de diversos modos: 1.° calcinando al calor albo, en un crisol de platina o de porcelana, el bicromato de potasa, i lavando la masa; 2.° reduciendo en un crisol de brasca el cromato o el bicromato, moliendo el resíduo, i lavándolo con agua; 3.° calentando a la temperatura del calor rojo una mezcla de cromato de potasa i de azufre, i pasando despues el residuo por lejiacion: preparado de este modo el óxido es mui liviano i de color verde mui lindo; 4.° calcinando en un crisol ordinario, una mezcla de partes iguales de bicromato de potasa i de sal amoniaco, con una cantidad un poco menor de carbonato de sosa, desliendo despues la masa fundida en el aguas etc.

Se puede tambien estraer el óxido verde de cromo directamente del mismo mineral, calcinando a una alta temperatura una parte de mineral reducido a polvo mui fino, una parte de carbonato de sosa i una parte de azufre; se lava el residuo, primero con agua para disolver los súlfuros alcalinos, i despues con acido muriático para disolver el súlfuro de hierro, la sílice i la alumina. El polvo que queda, es óxido verde.

BISMUTO.

El bismuto es de color blanco parecido al de antimonio pero que tira algo a amarillento o rosado, mui lustroso; su estructura cristalina, hojosa regular; cristaliza con facilidad; ágrio, quebradizo, cuando puro algo maleable; se funde a 250 grados, al calor mas elevado forma vapores i es mas volátil que el plomo;

su densidad 9.822 a la temperatura del calor rojo se oxida facilmente; soluble en el ácido nítrico. Forma dos óxidos: que son, el *seiquioxido* Bi^2O^3, amarillo verdoso, mui fusible; fundido, atraviesa la copelas i corroe los crisoles como el litarjirio; las disoluciones de sus sales se enturbian por el agua, precipitan por la potasa, sosa, amoniaco i por sus carbonatos; el hidrójeno sulfurado forma precipitado negro insoluble en el hidrosulfato. El *peroxido* BiO es pardo, los ácidos concentrados lo descomponen; puede combinarse con los álcalis pero sus sales poco estables.

Mineral de bismuto. *El bismuto nativo* es de color blanco de plata, que rojea mucho: se toma, al aire, de los colores del pecho de paloma; lustre metálico, estructura hojosa perfecta de cuádruplo crucero, que produce octaedros; es docil, poco resistente. Se halla en masas aunque rara vez diseminado, en pegaduras, denticular, en hojillas embustidas, con la superficie rayada en plumas, i cristalizado en tetaedros, octaedros i cubos. Su parte espresa 9,737. Contiene casi siempre un poco de plata i de arsénico. En el matracito no se sublima; en un tubo abierto, casi no humea si no está junto con azufre: pero se cubre de óxido, que al enfriarse se vuelve amarillento; corroe el vidrio, i a un fuego fuerte taladra la hojilla de platina.

Súlfuro de bismuto cobrioz.—Este mineral se halló en cantidad notable en las minas de cobre de *Cerro Blanco* (Copiapó): se presenta con caractéres i composicion variables:—unas veces en forma de agujas delgadas lustrosas, de color blanco de estaño, blandas, adherentes a la pirita cobriza, mui fusibles i solubles en el ácido nítrico. Otras veces, en masas i cristales imperfectos prismáticos, de color gris de plomo; estructura fibrosa de fibras anchas, rayadas a lo largo, rectas diverjentes: i mineral mui parecido a ciertas variedades de antimonio gris, pero mas blando que este último, soluble en el ácido nítrico i en el tubo apenas da indicio de sublimado, contienen.

	(1) En agujas.	(2) En masas.
Bismuto	52.7	63.48
Cobre	20.6	5.15
Azufre	22.4	16 16
Antimonio	,,	0.60
Hierro	4.1	9.84
Criadero	,,	

Usos. Este metal es escaso, caro, i su consumo en las artes mui limitado. Se usa para preparar el *blanco de afeite*, para fabricar la aleacion con que se hacen las válvulas de seguridad en las calderas de vapor, para hacer una amalgama con que se estañan los globos, para varias preparaciones farmaceuticas etc.

El bismuto se encuentra casi siempre en estado metálico en la naturaleza, siendo las demas especies minerales de bismuto escasas.

El bismuto se porta en los ensayes por la via seca del mismo modo que el plomo, con la diferencia de ser mas volátil. Por consiguiente, para determinar la lei del bismuto, es necesario moderar el fuego, i emplear ciertos flujos que puedan formar con las materias estrañas del mineral, escorias mui fusibles. Para ensayar los minerales de bismuto nativo, lo mejor es fundirlos con 2 a 3 partes de flujo negro, i operar del mismo modo que en los ensayes de plomo. *Modos de ensayar.*

PLATINA.

Este metal, mui maleable i dúctil, mas duro que el cobre, es infusible en nuestros hornos, pero si al calor del soplete de hidrójeno i oxíjeno. Al calor albo se ablanda i a esta temperatura se deja labrar i se suelda consigo como el hierro. Su peso específico 21.47 a 21,53. Es inalterable al aire e inatacable por los ácidos, menos por el agua réjia. Los álcalis fijos, el salitre i el sulfato ácido de potasa lo atacan al calor rojo; el arsénico lo corroe fácilmente i el azufre solo cuando el metal se halla en estado de esponja. Se alea casi con todos los metales. *Propiedades.*

Los óxidos se reducen completamente al calor rojo; el *protóxido* no existe sino al estado de nitrato; el *deutóxido* es negro, se combina con los ácidos i forma disoluciones amarillas, rojizas o rojas, que precipitan incompletamente por los álcalis, formándose sales dobles. El hidrójeno sulfurado produce en ellas precipitado pardo, soluble en el hidrosulfato.

Los cloruros son tambien reducibles por el calor, pero los dobles pueden secarse sin alteracion alguna. El *protocloruro* es insoluble en el agua: se forma por la descomposicion del deutocloruro a la temperatura del plomo fundido. El *deutocloruro* es rojo, mui soluble en el agua i en el alcohol. Con los cloruros neutros forma cloruros dobles o cloro platinatos: así con los cloruros de potasio, de bario, de calcio, de magnesia forma cloroplatinatos amarillos, insolubles i con el de sodio cloro platinato soluble.

El átomo de platina es 1215,22.

No se halla este metal en cantidad considerable, sino en las aluviones antiguas, en unas arenas idénticas con las que contienen oro. Las principales minas de Sur América se hallan en el Brasil i en la costa de Choco; pero tambien se ha descubierto en Santo Domingo, en California, i en Norte Carolina en América, como tambien en Nizny Tagilsk i Goroblahadat en Ural, i en la Islas Borneo. Hállase las mas veces acompañado i combinado con el paladio, iridio, ródio, i osmio como tambien mezclado en las mismas arenas con granos de oro, de hierro titánico, de hierro cromado, etc. *Minerales.*

Siendo los minerales de platina infusibles por sí, no se puede fundirlos sin agregar cobre, plomo o plata. *Medios de ensayar.*

Cuando se quiere operar a la temperatura de 150° p. es menester emplear a lo menos partes iguales de alguno de estos me- *Fundicion.*

tales i de mineral, procediendo en tal caso como para ensayes de hierro; pero si se quiere elevar el calor a 50 o 60° p. se debe tomar doble cantidad de metales. Por el resultado de esta operacion conoceremos solamente la proporcion de materias que pueden pasar a las escorias i de oxíjeno.

Copelacion. Sepárase bien la platina o el paladio de los metales oxidables por medio de la copelacion; pero se agrega en tal caso mucho mas plomo que para la copelacion del oro o de la plata: i a mas de esto, es necesario añadir 4 a 6 partes de oro o de plata por 1 parte de platina o de aleacion de platina con paladio, para que el ensaye se funda a la temperatura de la mufla. El boton contiene en tal caso el ródio i una parte de irridio i estos metales se hallan en la materia que se ha sometido al ensaye.

Apartado. No se puede *apartar* la platina de la plata sino por medio del ácido sulfúrico concentrado i en ebullicion. Para que toda la plata se disuelva i la platina quede en forma de una hoja suficientemente sólida, es preciso que las cantidades de platina i de plata se hallen en proporcion de 2 a 1. Se pasa entónces la aleacion con un poco de plomo a la copelacion, se hace en seguida un caracol como se ha dicho (peso 350-53) i se le hace hervir dos veces con ácido sulfúrico, la primera por 10' i la segunda por 7 a 8. El peso del caracol no debe pasar de 0 gr. 2.

Para analizar las aleaciones de platina i oro, se principia por disolverlas en el agua réjia, se añade en seguida sal amoniaca, se reconcentra el licor i se lava el resíduo con alcohol de 0.84 de densidad: en tal caso el oro solo se disuelve.

Análisis de los minerales de plata Hallándose en los minerales de platina este metal acompañado casi siempre por el paladio, rodio, irridio, osmio i rutenio, el análisis de estos metales es uno de los procedimientos mas complicados de química analítica i no puede considerarse como perteneciente al arte de ensayador propiamente dicho.

ADICION.

Ensayes de guano.

Nadie ignora que el guano forma actualmente para varios Estados sud-americanos un ramo de esportacion tan importante como los productos de sus minas mas valiosas, i que esta materia se aprovecha en el antiguo continente como abono para fertilizar los terrenos. Dos son los elementos esenciales en el guano que los agrómonos consideran como *asimilables por la vejetacion* i que constituyen la parte mas útil i enérjica del abono. Estos elementos son: el *azoe* i el *ácido fosfórico*.

El primero se halla *en gran parte* en el guano al estado de amoniaco i entra en la composicion de las sales amoniacales de que están impregnados los mejores guanos de las Chinchas; *en parte*, constituye uno de los elementos de la materia orgánica (fecal) de los guanos; *en parte*, aunque en mui pequeña proporcion pertenece al ácido nítrico de los nitratos (salitre) cuya presencia en algunos guanos terrosos ha sido suficientemente reconocida por Boussingault.

El segundo, es decir, el ácido fosfórico forma, sin escepcion alguna la parte mas caracterizada de todos los guanos i se halla en ellos principalmente al estado de fosfato tribásico de cal, pero tambien varias especies de guano contienen este ácido al estado de fosfato ácido de cal, de fosfato de amoniaco i de fosfato de alumina, o de magnesia.

Ahora, los elementos que tambien entran en la composicion de los guanos, pero se consideran como inútiles o *estériles* son los siguientes:

Agua, en parte hidrométrica que se puede espulsar calentando el guano a la temperatura de 100° centigrado; en parte al estado de combinacion en el yeso i otras sales solubles que con frecuencia contiene el guano.

Yeso (sulfato de cal), que casi nunca falta; particularmente en los guanos terrosos, fosfatados.

Sal comun, i otras sales solubles, de base de sosa, de potasa, de magnesia, etc.

Cal (carbonato de cal) que las mas veces proviene de pequeños fragmentos de conchas, i a cuya presencia se debe la efervescencia que producen los guanos cuando se les trata por los ácidos. *En fin, arena, fragmentos de rocas, arcillas, etc.*, que se comprenden bajo el nombre de materias inertes, *insolubles en los ácidos.*

Una categoría aparte deberia formar *la materia orgánica* que se destruye en la calcinacion con el contacto del aire i cuya proporcion nunca se puede determinar *con exactitud* en los ensayes del guano.

Clasificacion.—En jeneral el comercio i la industria agrícola dividen en dos clases todos los guanos que se esplotan actualmente:

Guanos amoniacales que dan al ensaye de 4 a 10 i mas por ciento de azoe.

Guanos fosfatados (guanos terrosos, guano blanco) que varias veces no contienen sino 6 a 8 por mil de azoe; pero cuyo contenido en fosfato de cal, es por lo comun superior al de igual materia en los guanos amoniacales.

Los guanos de las islas de Chincha pertenecen a los primeros: contienen a veces mas de 11 a 12 por ciento de azoe, pero la proporcion de fosfato en ellos pasa apénas de 20 p%.

Los guanos de Mejillones son guanos fosfatados que contienen por lo comun 4 a 8 por mil de azoe, pero en los cuales la proporcion de fosfato sube con frecuencia a mas de 60 por ciento

En cuanto al oríjen del guano, se sabe que los guanos amoniacales de las islas de Chincha deben su oríjen a la inmensidad de pájaros que abundan en aquellas islas i en la costa del Perú; —pero tambien hai guanos como son los de Shag, de Lion, etc., conocidos en el comercio bajo el nombre de guano de Patagonia i aun los de algunas islas del Pacífico que constan de materias fecales de lobos marinos, cormoranes i pinguenos o pájaros niños. El guano de las pequeñas islas situadas en frente de la bahía de Coquimbo pertenece a esta última categoría i el de algunas islas del archipiélago de Chiloé es de materias fecales de lobos marinos. El de unos islotes situados en el Estrecho de Magallánes (islote de Cuarto-Master i otro de Santa Magdalena) forma una capa superficial delgada de materia poco azoada, debajo la cual se halla otra de carbonato de amoniaco mezclado con algo de clorhidrato de amoniaco i materias terrosas.

Es de suponer que los guanos fosfatados son del mismo oríjen que los anteriores, solamente deteriorados, mas antiguos, los que talvez por su antigüedad i los cambios sobrevenidos en el temperamento de la costa, han perdido sus materias azoadas i en los cuales, en cambio, se ha reconcentrado el fosfato.

RECONOCIMIENTO I ENSAYES PRELIMINARES.

Nada mas fácil que reconocer los buenos guanos *amoniacales*: pues éstos exhalan por lo comun un olor mui característico amoniacal, sobre todo cuando se someten a una calcinacion (tuesta) con el contacto del aire. Cuando el guano se ha guardado por mucho tiempo al aire, o cuando es alguna especie de guano que contiene poca materia azoada, se puede en un instante conocer su calidad, tomando un poco de este guano, mezclándolo con cal cáustica (o mejor con algo de cal sódica) i calentando esta mezcla en la llama de una lámpara de alcohol en un tubito cerrado por un estremo. En tal caso se sentirá en la abertura del tubo un fuerte olor de amoniaco, aun cuando el guano contuviese mui poco azoe.

Estos guanos tienen por lo comun color gris pardusco, dejan en la calcinacion con el contacto del aire resíduos blancos, exhalan mucha agua en el matracito i por lo comun no hacen efervescencia con los ácidos o producen mui poca efervescencia.

Los guanos amoniacales de pinguenos i lobos marinos son por lo comun poco homojéneos, tienen olor mui fétido, olor a pescado, contienen plumas, huesos de peces, fragmentos de conchas, etc.

Mas cuidado se debe poner en el reconocimiento de los guanos fosfatados, los que por lo comun tienen poco olor o ninguno, i por su color pardo mas o menos rojizo, como tambien por su contestura terrosa i arenosa se asemejan a muchas materias enteramente estériles, arcillosas, que abundan en toda la costa de Atacama. Varias muestras de estas últimas se han mandado a los ensayadores equivocadamente por muestras de guano i eran de materias inútiles que no contenian nada de guano.

Sin embargo, es mui fácil distinguir el verdadero guano fosfatado de las tierras que no son de guano, por los caractéres siguientes.

El mejor guano fosfatado, aun desprovisto de toda materia azoada es de color pardusco que tira a veces a rojizo, pero en la calcinacion (tuesta) da un resíduo blanco o si la calcinacion no se ha efectuado completamente, blanco agrisado. Calentando este resíduo con ácido muriático, se disuelve, dejando poca materia insoluble, i la disolucion, al agregarle amoniaco, produce abundante precipitado blanco.

Las tierras arenosas de la costa que tienen el mismo color i contestura parecida a la de los guanos de Mejillones, pero no son de guano, toman por la calcinacion color mas rojo, a veces rojo de ladrillo; dejan en los ácidos un abundante resíduo arcilloso i arenoso insoluble, i sus disoluciones, al agregar amoniaco, dan precipitados rojos de hidrato de peróxido de hierro jelatinosos, i en pequeña cantidad. Algunas de esas tierras producen mucha efervescencia con los ácidos por la gran cantidad de carbonato de cal que contienen.

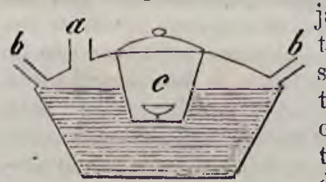
OPERACIONES.

Las muestras de guano que se someten al ensaye, si el guano es objeto de esportacion, deben ser tomadas en el mismo estado en que se embarca i en tiempo de ponerlo a bordo. Deben ser guardadas en unas botellas bien tapadas. Si la materia viene de un lugar nuevo i se trata de reconocerla si vale la pena de esplotarla, se ha de tomar muestras a cierta profundidad i no en la superficie. Al tiempo de hacer el ensaye, el ensayador vaciará la botella que se le entrega i para sacar *el comun*, hará molerla toda i pasar por el cedazo, como se acostumbra hacer con las muestras de metales.

En el acto procederá al ensaye, principiando por determinar la proporcion del agua i del azoe, ántes que la materia atraiga o pierda la humedad i ántes que pierda algo de materias amoniacales si el guano es mui azoado (1).

AGUA I MATERIAS VOLÁTILES.

Se determina la cantidad de agua *higrométrica*, calentando un peso determinado, por ejemplo, dos gramos de guano a la temperatura de ebullicion de agua en un *baño-maria*. Para esto con mucha comodidad pueden los ensayadores valerse de una tetera de hoja de lata i de doble fondo, que cualquier buen hojalatero puede hacer a poco costo. La tetera, como lo representa la figura, se halla cerrada por encima con una tapa en la cual se dejan un agujero en *a* para introducir agua, i dos o tres con tubitos en *b* para la salida del vapor.



En el interior de la tetera se halla un vacito cilíndrico de hoja de lata, soldado en la misma tapa, abierto por arriba i en cuyo fondo, que no debe tocar al de la tetera, se coloca la muestra que se ensaya. Cubierto el vacito con una tapa agujereada de hoja de lata, se llena la tetera con agua hasta las estremidades inferiores de los tubitos *b*, *b*, i se pone en un hornillo portátil, sobre un brasero o sobre una lámpara de alcohol.

En ménos de una hora de ebullicion del agua, el guano ya se halla libre de su agua hidrométrica. Se pesa el ensaye i se vuelve a poner en el *baño-maria*, repitiendo la misma operacion hasta que cese de disminuir su peso. La pérdida del peso corresponde a la proporcion de agua volatilizada; pero en algunos casos, cuando el guano es mui rico en materias amoniacales, puede tambien exhalarse algo de éstas últimas.

(1) El guano de las Chinchas contiene carbonato de amoniaco que se perderia por la desecacion.

Los cargamentos de guano que arriban en tiempo de otoño o invierno a Europa, dan naturalmente mayor proporcion de humedad que estos mismos guanos ensayados en Mejillones.

Calcinacion (Incineracion).—Esta operacion se efectúa en una tacita de porcelana, colocándola sobre la llama de una lámpara de acohol i revolviendo el polvo con un alambre de platina. Modérese el fuego al principio, pues las materias volátiles que se exhalan, pueden arrastrar consigo i desperdiciar algo de polvo. Se debe prolongar la operacion, hasta que desaparezcan las partes grises o negruscas del polvo: lo que a veces no se consigue sino con cierta dificultad i con demora. No es necesario, para efectuar completamente la calcinacion, elevar la temperatura a mas de color rojo sombrío; i aun con razon advierte Malaguti que cuando se trate se someter al ensaye los guanos que contienen fosfato de alumina, este fosfato en una calcinacion prolongada con alta temperatura, se hace insoluble o poco soluble en los ácidos: de manera que una parte de ácido fosfórico queda en el resíduo que un ensayador inesperto tomaria por materia inerte e inútil.

El peso que en esta calcinacion pierde el guano (préviamente sometido a la temperatura de la ebullicion de agua), no corresponde exactamente (como se suele decir) al peso de la *sustancia orgánica* del guano, porque en esta operacion se exhala tambien el agua de combinacion del sulfato de cal que se halla en proporcion mas o ménos considerable en los guanos fosfatados, i tambien en parte se descompone el carbonato de cal, que mui a menudo se halla mezclado en el guano (1). Tampoco debe ser tomada esta sustancia orgánica por sustancia amoniacal o *azoada*, pues el mejor guano fosfatado que suele tener mas de 10 por ciento de materia orgánica, apenas da al ensaye 4 a 6 milésimas de azoe.

En jeneral, los guanos amoniacales contienen mucha mas materia orgánica que los fosfatados: sin embargo, la pérdida de peso en las calcinaciones no daria ninguna idea clara i exacta de la calidad del guano.

Determinacion del azoe: este es el punto capital en los ensayes del guano.

Ya se ha dicho que el azoe que es el elemento escencial del abono, elemento *asimilable*, se halla en los guanos amoniacales, en parte al estado de amoniaco en las sales amoniacales del guano, en parte combinado con los demas elementos de la materia fecal orgánica, sin formar amoniaco. No habiendo hasta ahora medios fáciles i prontos para separar estas dos partes azoadas del guano una de otra, ni para determinar la preporcion de cada una de ellas por separado, el ensayador determina para cada

(1) Cuando el guauo contiene carbonato de cal, se puede determinar aproximativamente la proporcion de materia orgánica humedeciendo el resiuuo de calciaacion con carbonato de amoniaco i desecandolo en una estufa, para que la cal vuelva al estado de carbonato.—*(Baudrimont.)*

muestra de guano la totalidad de azoe contenido en ella. Sus procedimientos consisten en transformar todo el azoe del guano en amoniaco i en determinar la proporcion de este último con exactitud. De esta proporcion se deduce la de azoe i se declara al interesado que su guano contiene tanto por ciento de azoe, así como en un ensaye de mineral de cobre declararia el ensayador cuánto por ciento de cobre tiene el mineral.

El principio en que se halla fundado el método que se usa actualmente para determinar la cantidad de azoe, consiste en que, si se eleva a la temperatura de color rojo una mezcla de cualquiera materia orgánica azoada con un álcali, particularmente con una mezcla de hidrato de sosa i cal viva (mezcla que lleva el nombre de *cal sódica*) todo el azoe contenido en la materia orgánica se desprende al estado de amoniaco i si en este estado se le hace pasar por el agua acidulada con ácido muriático o sulfúrico, todo el amoniaco se absorve por esta disolucion. Este hecho bien averiguado por los químicos no es aplicable a los casos en que una parte o todo el azoe estuviera al estado de ácido nítrico.

El procedimiento que se emplea actualmente, perfeccionado por Peligot i adoptado al uso de los ensayadores del comercio es el siguiente:

Se pesa un decígramo de guano si es amoniacal i se supone rico en amoniaco i se puede tomar hasta tres decígramos si el guano es pobre en azoe, guano fosfatado.

Se reduce a polvo mui fino este guano en un mortero de vidrio o de ágata, se mezcla con gran exceso de cal sódica i se debe en este momento tener ya acomodado i bien seco un tubo de vidrio en que se quiere efectuar la operacion.

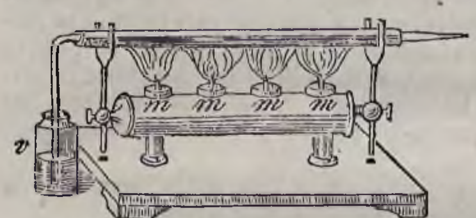
Este tubo tendrá dos decímetros de largo i un centímetro poco mas o ménos de diámetro; en una de sus estremidades, se une este tubo con otro mas delgado i encorvado, de manera que este último forma ángulo recto con el primero. A las personas que sepan manejar el vidrio en una lámpara de esmaltar no seria difícil soldar los dos tubos i encorvar en seguida el tubo mas delgado. Si esta operacion presenta dificultades al ensayador unirá los dos tubos por medio de un tubito de guta-percha, pero en todo caso deberá estrechar en esta estremidad el tubo mas grueso, estirándolo un poco en la lámpara i cortándolo convenientemente con una lima (operacion mas fácil de ejecutar que la de soldar dos tubos de desigual diámetro i encorvar uno de ellos).

Al momento de introducir el ensayo en el tubo, se le calienta primero por un momento para tenerlo bien seco, i se le limpia con una pluma. Se principia por introducir en el tubo mas grueso un pequeño tapon de amianto i se le empuja mediante una varilla metálica hasta ponerlo en la parte estrecha del tubo. Este tapon tiene por objeto impedir que las materias sólidas penetren al tubo delgado dejando únicamente el paso a los vapores i gases.

Tras del tapon se introduce rápidamente cal sódica en polvo

grueso en cantidad tal que ocupe 3 a 4 centímetros a lo largo del tubo i luego se vierte cal sódica en polvo mui fino íntimamente mezclado con guano. Esta mezcla debe ocupar en lonjitud 9 a 10 centímetros del tubo. En fin se echa sobre esta mezcla cal sódica pura con algunos cristalitos de ácido oxálico i en el acto se estira i se cierra sobre la llama de una lámpara o de una eolípila la estremidad del tubo por el cual se han introducido estas materias.

Se envuelve en seguida todo el tubo grueso con una hoja delgada de cobre, para darle mayor resistencia al fuego i se coloca este tubo sobre las dos orquillas *m* i *m* de la lámpara, de manera, que al propio tiempo la estremidad del tubo delgado se halle sumerjida en el vaso *n* donde se vierte la disolucion ácida, destinada a absorver el amoniaco.



La lámpara es un cilindro metálico horizontal con cuatro mechas S S. i dos horquillas en sus estremidades.

Se encienden sucesivamente las tres primeras mechas, principiando por la que se halla mas cerca del tapon de amianto, a fin de elevar primero la temperatura de esta parte del tubo donde se halla el ensaye, i se enciende en fin la mecha de la otra estremidad en que se hallan los mencionados cristalitos de ácido oxálico, cuya descomposicion en presencia de cal sódica da lugar a la produccion de una corriente de hidrójeno, destinado a espulsar del interior del tubo los gases desarrollados al fin de la combustion de la materia.

Tan pronto como cesen de salir burbujas de gas por la disolucion acidificada se rompe con unas tenacitas de hierro la estremidad cerrada del tubo, con el objeto de dar paso al aire esterior e impedir la absorcion interior del líquido.

Trátase ahora de indicar cómo se determina la cantidad de amoniaco que se recoje en la disolucion acidulada.

Will i Warrentrap emplean para absorver el amoniaco producido en la operacion anterior una disolucion clorhídrica i, concluida la operacion, vierten en este líquido un gran exceso de bicloruro de platino; evaporan en seguida el líquido con precaucion en un *baño-maria* hasta la sequedad i lavan el resíduo con una mezcla de alcohol i éter en la cual se disuelve el exceso de cloruro platínico i no el cloruro doble amoniacal platínico. Este último se ha de secar a la temperatura de 100° i se determina su peso:—2787 p. de esta sal corresponden a 175 de azoe.

Este método es excesivamente largo por causa de la evaporacion del líquido i el lavado presenta inconvenientes.

El método propuesto por Peligot i empleado jeneralmente por los ensayadores, es al contrario fácil i de pronta ejecucion. Este método es el siguiente:

Al momento de encender las mechas de la lámpara en la operacion que se acaba de describir, se vierte en el mencionado vacito *n* un volúmen conocido, 10 centímetros cúbicos de *licor sulfúrico normal* (*acide sulfurique titré*) es decir, de ácido cuyo grado de concentracion está bien determinado. Se añade a este ácido unos 60 o 100 centímetros cúbicos de agua i unas gotas de tintura de jirasol para que el licor tome un color rojizo. Efectúase en seguida la combustion del guano en el tubo grueso como se ha dicho, i terminada una vez esta operacion, se vierte poco a poco en el licor ácido de dicho vacito *n* la *disolucion alcalina normal*, medida con una bureta graduada, dividida en centímetros cúbicos i décimos de centímetros, hasta que, al añadir las últimas gotas de esta disolucion, el color rojiso del licor ácido cambie en azul. Léese entónces en la bureta el número de divisiones que se han empleado para producir este efecto i se resta este número del que de antemano se sabe que se emplearia de esta misma disolucion para saturar los diez centímetros cúbicos de *ácido normal*. La diferencia equivale al volúmen de *ácido sulfúrico normal* que se ha saturado por el amoniaco producido en el ensaye.

Queda por decir cómo se preparan el licor ácido *normal*, i la disolucion *alcalina normal* empleados en esta operacion.

El *licor sulfúrico normal* que Peligot emplea en los análisis de materias azoadas consta de 61 gr. 250 de ácido puro (SO^3HO) i de cantidad de agua destilada tal que el todo forme un litro de líquido. Cien centímetros cúbicos de esta disolucion a la temperatura ordinaria equivalen a 2 gramos 120 miligramos de amoniaco i por consiguiente a 1 gr. 750 de azoe. La disolucion *alcalina normal* de Peligot se prepara con la cal cáustica i una disolucion mui desleida de azúcar, la cual, como se sabe, disuelve mas cal que el agua pura. Es, pues, una disolucion de sacarato de cal que se emplea i el ensayador debe guardarla en un frasco tapado con una tapa de vidrio esmerillado, preservándola cuanto sea posible del contacto del aire. Segun Peligot, puede emplearse esta disolucion aun cuando hubiera absorvido algo de ácido carbónico, pues el carbonato de cal obra como la cal pura. Prepárese de una vez algunos litros de esta disolucion i se le agrega mas o ménos agua, tanteando de tal manera que una bureta graduada, llena de esta disolucion, sea suficiente para saturar 10 centímetros cúbicos de *licor sulfúrico normal* (*titré*).

Trátase ahora de saber cómo se determina con toda exactitud posible el verdadero grado de concentracion, es decir, la *lei* o el *título* (*titré*) de esta disolucion de sacarato de cal: operacion de la cual pende la exactitud de los ensayes. Para esto se echa en una copa 10 centímetros cúbicos de *licor sulfúrico normal*, medidos con la misma bureta que sirve despues para medir la disolucion de sacarato, i se añade unos 100 centímetros cúbicos de agua con unas gotas de tintura de jirasol que darán al licor un viso rosado. En seguida, se llena la bureta con la disolucion de sacarato de cal, i se la vierte en la misma copa, hasta que el licor

tome el color azul. Anótese el número de centímetros i décimos de centímetros cúbicos de esta disolucion, i se repite la misma operacion con mucho cuidado hasta que el ensayador adquiera toda la seguridad de la verdadera *lei* o *título* de su disolucion *normal*.

Un ejemplo sacado de la *Química* de los señores Tremy i Pelouse (t. III, p. 68), dará a conocer el uso práctico de estas disoluciones.

Se ha calcinado con la cal sódica por el método que se acaba de describlr, $0^{gr} \cdot 417$ de materia que contenia azoe (*oxámide*).

10 centímetros cúbicos de licor ácido sulfúrico *normal* saturaban 38.5 divisiones de sacarato de cal.

10 centímetros cúbicos del mismo ácido saturaron despues de la calcinacion 8.2 divisiones del mismo licor alcalino.

Luego 33.5—8.2=25.3 divisiones representan el volúmen del licor normal ácido que ha sido saturado por el amoniaco.

De ahí i mediante la proporcion

$$33.5 : 10 :: 25.3 : x$$
$$x = 7.55$$

hallamos que de los 10 centímetros cúbicos de licor ácido normal empleados en este ensaye, 7.55 han sido saturados por el amoniaco; i como 10 centímetros cúbicos de este ácido equivalen a $0^{gr} \cdot 175$ de azoe, los $7^{gr} \cdot 55$ representan $0^{gr} \cdot 1321$ de este mismo cuerpo: dividiendo, pues, este último número por el peso de la sustancia analizada, $0^{gr} \cdot 417$, hallamos que esta sustancia contiene 31.6 por ciento de azoe.

ADVERTENCIAS I OBSERVACIONES.

1.° El licor ácido normal de Peligot que los químicos emplean jeneralmente en los análisis de las materias orgánicas mui azoadas, seria demasiado concentrado para los ensayes de guano, aun de guano de las Chinchas mas rico en azoe. Por esta razon, para la preparacion de este licor el ensayador, en lugar de $61^{gr} 25$, tomará $6^{gr} \cdot 1$ de ácido i la cantidad de agua suficiente para que el todo forme un litro de agua. Aun este licor seria demasiado concentrado para los ensayes de los guanos fosfatados, cuyo tenor en azoe rara vez pasa de ocho a diez por mil, i para esta clase de ensayes tendrá que preparar el ensayador una disolucion ácida normal que no contenga mas que $0^{gr} \cdot 613$ de ácido sulfúrico en un litro de agua; diez centímetros cúbicos de esta disolucion equivaldrán a 0.0175 de azoe: de manera que empleando en cada ensaye tres decígramos de guano, este licor seria suficiente para el ensaye de cualquier guano que tuviera ménos de seis por ciento de azoe. Para los guanos mui pobres en azoe se deberia hacer uso de una disolucion todavía diez veces mas pobre que esta última i se hará ensaye sobre tres decígramos de materia.

2.° En todo caso conviene que el ensayador prepare el mismo su disolucion normal sin fiarse de los licores que con este objeto se venderian en el comercio. Para esto, téngase presente que el ácido sulfúrico que se emplea debe ser ácido puro monohidratado, por consiguiente no es ácido ordinario del comercio. No es difícil hallar en el comercio de productos químicos en Chile ácido sulfúrico puro monohidratado que se trae de Inglaterra en pequeñas botellas, mucho mas caro que el ordinario; pero si no se tuviera bastante confianza en este ácido, el ensayador tendria que prepararlo a propósito, destilando cierta cantidad del mejor ácido sulfúrico que hallaria en el comercio, separando la primera mitad de ácido que pasaria en la disolucion (mas débil que el ácido SO^3HO) i recojiendo para su uso la cuarta o la octava parte de la segunda mitad en la destilacion siguiente.

3.° Desleido en fin el peso determinado del ácido en un litro de agua, no será de mas que el ensayador averigüe cuál es en realidad la cantidad de ácido sulfúrico anhidro que contendrán cada 10 centímetros cúbicos de su disolucion normal; i para esto tomará, por ejemplo, 50 centímetros cúbicos de esta disolucion, agregará primero unas gotas de ácido muriático puro i en seguida una disolucion de cloruro de bario en pequeño exceso. Calentará lijeramente el todo para que se asiente el precipitado, lo recojerá en el filtro i despues de haberlo lavado i secado, lo calcinará en un crisol de platino al calor rojo. Del peso de sulfato de barita sacará el de ácido sulfúrico puro anhidro, sabiendo que el sulfato de barita contiene 34.4 por ciento de este ácido.

4.° Conviene tambien que la disolucion de sacarato de cal no esté demasiado concentrada: así, por ejemplo, para ensayes de guano deberia emplearse a lo ménos 85 a 90 divisiones de bureta de esta disolucion para saturar 10 centímetros cúbicos de licor ácido normal, i debe emplearse la disolucion de sacarato tanto mas débil cuanto mas débil sea la de ácido. Sin esta precaucion difícil seria aproximar suficientemente la proporcion de azoe en los guanos fosfatados.

5.° Ya se ha dicho que la disolucion de sacarato de cal se debe guardar en un frasco bien cerrado con una tapa de cristal esmerilada: A pesar de esta precaucion esta disolucion se debilita notablemente de una semana a otra: pues el licor, cada vez que para emplearlo se destapa el frasco, atrae ácido carbónico i se forma un pequeño precipitado blanco. Nótese tambien que la disolucion de sacarato recien preparada da reacciones mucho mas claras, instantáneas i se evita ese color algo *vinoso* que producen las últimas gotas de la disolucion despues de haberse ya saturado el ácido sulfúrico. Por estas razones es necesario que el ensayador repita mui a menudo los ensayes de su disolucion de sacarato de cal para estar seguro de sus resultados.

6.° Todas estas operaciones son mucho mas fáciles i se efectuan con mayor lijereza que lo que podria aparecer de la descripcion de tantos pormenores, i en jeneral los útiles i aparatos son poco costosos. Basta decir que un estuche completo de úti-

los necesarios para dichos ensayes, estuche que contiene una lamparita, dos buretas, vacito para la condensacion del amoniaco, tintura de jirasol i dos frascos de disolucion normal, se vende en el establecimiento de Salleron, 24 rue. Pavée (*au Marais*) en Paris por 25 francos (poco mas de 5 pesos). Aconséjase solamente a los ensayadores que no supieren cortar, soldar i encorvar tubos de vidrio, que pidan al mismo establecimiento buen acopio de tubitos acomodados para dichos ensayes: lo que les costará precio mui insignificante. Hállanse tambien en las droguerías de Santiago tubos de vidrio i tubitos de cautchú que servirán para montar el aparato con la misma facilidad que los tubos soldados i encorvados.

Houzeau ha simplificado mucho el método que se acaba de describir; aplicándolo especialmente al uso de los ensayadores del comercio. Houzeau suprime enteramente el uso del licor alcalino i no emplea mas que *licor azoemétrico* ácido (sulfúrico) preparado de tal manera, que cada division de la bureta de este licor (bureta que se vende con un frasco del mismo licor), corresponde a un miligramo de azoe transformado en amoniaco. El estuche de *azoémetro* de Houzeau, contiene a mas de la mencionada bureta i de un frasco lleno de licor azoemétrico, tubos i cartuchos con sal sódica i oxalato de amoniaco enlacrados, cada cartucho para un ensaye; un pequeño tubo abductor, de vidrio, con un otro de cautchú, i una lámpara parecida a la que se describió anteriormente. La bureta es corta, estirada i encorvada en la estremidad por cuya abertura, algo estrecha, puede salir el líquido gota por gota, igualando cada tres gotas a la capacidad de una division de la bureta: de suerte que en cada division hai cantidad de ácido que corresponda a un miligramo de azoe, i en cada gota la cantidad que equivale a un tercio de miligramo (0^m7^m). Los tubos en que se introducen la cal sódica pura, la cal sódica mezclada con el guano que se ensaya, i el oxalato, son cerrados por un estremo i se unen con el tubo conductor, mediante el tubo de cautchú. Acomodado el ensaye, conforme a las reglas arriba descritas, i puesto el tubo principal sobre la lámpara, horizontalmente, se sumerje el tubo abductor en un frasquito de agua teñida de azul con la tintura de jirasol. Se calienta el tubo lenta i gradualmente, principiando por la estremidad mas allegada al tubo abductor, i estendiendo sucesivamente el fuego hacia la otra estremidad donde se halla el oxalato. Al momento de encender la primera mecha, se vierte una o dos gotas de licor azoemétrico en el agua, la cual tomará en el acto color rojo; pero tan pronto como empiece a desarrollarse el vapor amoniacal, este color desaperece i volverá a su color azul el agua. Añádense entónces otras dos o tres gotas de licor azoemétrico i se espera; cuando éstas se hallan saturadas se agregarán otras; i se tendrá cuidado de no verter dicho licor sino gota por gota, a medida que las nuevas cantidades de vapor amoniacal irán restableciendo el color azul de tornasol. Cuando al agregar una gota mas de licor azoemétrico, no cambia su color rojo el agua, a pesar del

desarrollo del hidrójeno que, segun se ha esplicado se desprende al fin de la operacion, se saca del agua el tubo abductor, i no queda mas que leer en la bureta cuántas divisiones de licor azoemétrico se emplearon en el ensaye. Restando de este número un tercio de division, se tiene el número de milígramos de azoe contenidos en el peso de guano sometido a dicho ensaye. Este peso es decir la cantidad de guano que se empleará no debe pasar de un decígramo si el guano contiene mas de 8 a 10 por ciento de azoe i se tomará un medio gramo, si la materia tiene menos de dos por ciento de azoe:—(un gramo para guano fosfatados mui pobres en azoe). (1) Ejemplo: supóngase que 0 gr. 500 de guano exijieron 26 divisiones de licor azoemétrico restando de 26 un tercio por la última gota en *exceso* que quedó en el agua tendremos 25.7 divisiones empleadas en el ensaye, los que equivaldrán a 25.7 milígramos de azoe, de manera que el guano debe contener $\frac{0.0257 \times 100}{0.500} = 50.14$ por ciento de azoe.

Este método es sin duda mas corto i de aplicacion mas fácil en la práctica; solamente exije mucha atencion i prolijidad de parte del ensayador, pues cada gota de licor azoemétrico de mas, hará subir de un tercio por ciento la verdadera proporcion de azoe en los guanos ricos en azoe. Pero en tales casos, para evitar error mas notable no habrá mas que repetir el ensaye del mismo guano, debiendo servir el primer ensayo de indicacion, en qué momento se ha de poner mayor cuidado en la agregacion de nuevas gotas de licor azoemétrico

DETERMINACION DE ÁCIDO FOSFÓRICO.

Esta determinacion es mas sencilla i mas fácil que la de azoe; sin embargo, exije que se observen en ella muchas precauciones cuya utilidad fácilmente entenderá cualquier ensayador que posea rudimentos mas elementales de química.

El ácido fosfórico, como ya se ha indicado se puede hallar de diversos modos combinado en los diversos guanos, i conviene distinguir a este respecto tres casos:

Primer caso.—En los guanos fosfatados, como son los de Mejillones, casi en totalidad al estado de fosfato tribásico de cal;

Segundo caso.—En los guanos amoniacales, como los de Chincha, al estado de fosfato amoniacal, de fosfato magnesiano i en parte de fosfato tribásico;

Tercer caso.—En algunos guanos como los de Patagonia, al estado de fosfato de alumina, fosfato ácido de cal i fosfato tribásico.

Primer caso.—Principiemos por el caso mas comun i el que toca mas de cerca a los ensayadores chilenos, caso en que se tra-

---

[1] El estuche con todos útiles necesarios para el uso del azoemetro de Houzeau se vende acompañado de una instruccion minuciosa para el empleo de este procedimiento i su aplicacion segura en la párctica.

ta de determinar el ácido fosfórico en los guanos fosfatados de Mejillones.

El procedimiento que emplean los ensayadores es el siguiente:

Tostado, es decir calcinado con el contacto del aire un peso determinado de guano sobre la llama de una lámpara de alcohol, i determinada la pérdida de peso que esperimentó en esta calcinacion el guano, se introduce la totalidad de este guano calcinado en un pequeño matraz i se agrega ácido muriático puro. Se debe desde luego observar si el ácido produce efervescencia, pues en tal caso es señal que el guano se halla mezclado con carbonato de cal.

El ácido deja por lo comun sin disolverse aun en los mejores guanos, algo de materia arenosa i arcillosa teñida en negro por un poco de materia orgánica carbonizada que no alcanzó a quemarse en la calcinacion.

Se añade agua i se recoje por filtracion el resíduo insoluble, el cual, despues de haberse lavado i calcinado, nos da por su peso la proporcion de materias sólidas enteramente inertes e inútiles del guano.

Estiéndase en seguida la parte disuelta con mas agua, de manera que si el peso de guano sobre que se opera es de dos a tres gramos, el licor ocupe mas o ménos un cuarto de litro de capacidad. Se vierte en este licor algo caliente (de 40° a 50° cent.) amoniaco, hasta que la disolucion adquiera una débil reaccion alcalina i se le da un corto hervor para que salga lo mas pronto posible el exceso de amoniaco. Se tapa luego el matraz i se le tiene por unos ocho a diez minutos ladeado para que asiente el precipitado blanco jelatinoso que se forma por el amoniaco. Se lava inmediatamente este precipitado primero por decantacion, i despues sobre el filtro, con agua caliente, sin interrupcion, i hasta que una gota, que cae del filtro, recojida i evaporada sobre el vidrio, deje de producir un resíduo.

Hágase, en fin, secar este precipitado sobre el mismo filtro en una estufa i despues de haberlo separado del papel, se calcina en un crisol de platino al calor rojo i se pesa. Quemado e incinerado por separado el papel del filtro, se añade su peso al peso del precipitado (restando el de ceniza que corresponde a un filtro de igual tamaño al que se usó en esta filtracion). La totalidad del peso nos da cuánto por ciento de fosfato de cal contiene el guano analizado.

Ahora bien, del peso de fosfato se saca el ácido fosfórico, suponiendo que todo este ácido se halle al estado de fosfato tribásico de cal. Se sabe que este último contiene 45-5 por ciento de ácido fosfórico.

OBSERVACIONES I ADVERTENCIAS.

1.° El precipitado que produce el amoniaco en una disolucion de fosfato de cal, tiene en realidad la composicion de fosfato tribásico siempre que este precipitado se forme en presencia de

un exceso de cal: lo que tiene lugar casi siempre cuando se ensayan los guanos fosfatados, por ejemplo los de Mejillones; estos guanos, en efecto, contienen a mas de fosfato, 5 a 6 por ciento de sulfato de cal i a veces sulfato i carbonato de cal. Para saber si en realidad ha habido exceso de cal, se vierte en el licor filtrado un poco de oxalato de amoniaco, i si se ve que se forma precipitado, estamos seguros de que ha habido exceso de cal. Si al contrario, el oxalato no ha producido precipitado, es dudoso que el fosfato obtenido sea fosfato tribásico.

2.° Cuando queda gran exceso de cal en la disolucion a la cual se ha añadido un exceso de amoniaco, es casi imposible evitar que en la precipitacion del fosfato de cal, precipite a un mismo tiempo carbonato de cal, por causa de la absorcion de ácido carbónico del aire. De ahí viene otra causa de inexactitud, que no será de mucha importancia, si se evita añadir un gran exceso de amoniaco i si la filtracion se efectúa del modo mas lijero posible, empleando agua mui caliente o agua en ebullicion. Débese tambien emplear cantidad considerable de agua, para que con mayor facilidad se disuelva el sulfato de cal, que casi siempre se halla en los guanos fosfatados.

3.° Todas estas precauciones aun no serian suficientes si el guano contuviera proporcion subida de carbonato de cal, de cuya presencia estaba avisado el ensayador por la mucha efervescencia que algunos guanos hacen en los ácidos. En tal caso el ensayador, despues de recojido su precipitado de fosfato sobre el filtro, debe disolver dicho fosfato todavía humedo vertiendo ácido muriático gota a gota sobre el mismo filtro, lavándolo i recojiendo el licor en un matraz. En este licor, que no contendrá sino un pequeño exceso de cal, se precipitará por la segunda vez el fosfato i se lavará con mucha prolijidad ántes de secar i calcinarlo.

4.° Ahora si se suscitaren graves dudas acerca de la composicion del fosfato precipitado, ya por no hallarse exceso de cal en el licor, ya por la presencia de sales magnesianas en el guano, sales que darian lugar a la formacion de fosfato magnesiano cuya composicion seria mui diferente de la del fosfato de cal, tendria el químico que ocurrir al análisis de dicho precipitado. Este análisis se puede efectuar del modo siguiente:

Disuélvase el fosfato de cal que proviene de la precipitacion por el amoniaco i cuyo peso se ha determinado, en la menor cantidad posible de ácido muriático, se satura una parte de este ácido con amoniaco (evitando que se forme precipitado) i se vierte en esta disolucion primero alcohol no mui débil i luego ácido sulfúrico, evitando de añadir gran exceso de este último. Se deja por un par de horas el todo en un matraz tapado e inclinado para que se complete la precipitacion i se aclare el licor; se filtra i se lava el precipitado con alcohol estendido como de una tercera parte de su volúmen de agua. Del peso de este precipitado seco i calcinado al calor rojo se deduce el de cal, sabiendo que el sulfato de cal anhidro contiene 41-5 por ciento de cal.

Restando del peso del fosfato el de cal, se obtiene el de ácido fosfórico. Sin embargo, si se quiere determinar con mayor seguridad la cantidad de este ácido, se debe calentar suavemente la disolucion alcohólica (A) para que pierda casi la totalidad de su olor, se le añade amoniaco en exceso i luego se hace precipitar el ácido fosfórico por el cloruro de magnesia amoniacal, que se lavará en seguida con agua, a la cual se agregarán unas gotas de amoniaco, i en fin se calcinará el precipitado al calor rojo naciente. Obtenido de este modo el fosfato de magnesia, contiene 36–7 por ciento de ácido fosfórico.

Si al añadir amoniaco al licor del cual se ha hecho desprender el alcohol se ve formarse un precipitado, prueba que en la operacion anterior habia quedado algo de sulfato de cal en la disolucion, o bien que una parte de ácido fosfórico en el guano se hallaba al estado de fosfato de magnesia. Recójese, pues, sobre el filtro dicho precipitado, que por lo comun se formará en mui pequeña cantidad, i si se quiere llevar la prolijidad a mayor grado, será necesario ocurrir al análisis de este precipitado por los medios mas complicados que prescribe la química analítica. Se puede tambien, sin ocurrir a estos medios mas complicados, disolver este precipitado en ácido muriático i se añadirá alcohol i ácido sulfúrico, operando como se acaba de indicar. Si al agregar amoniaco a la disolucion de la cual se ha hecho exhalar el alcohol vuelve a aparecer el mismo precipitado, prueba que dicho precipitado es de fosfato de magnesia. No se hará en tal caso mas que lavar, secar i calcinar este precipitado de cuyo peso, que contendria 36–7 por ciento de ácido fosfórico, se deduciria el de éste último. Lo restante de ácido fosfórico hallaremos en la disolucion (A) precipitándola, como se ha dicho, por el cloruro de magnesia amoniacal.

Segundo caso.—Cuando el guano a mas de fosfato de cal, contiene fosfato de amoniaco o de sosa, una parte de ácido fosfórico es soluble en el agua, i se debe determinar su cantidad independientemente de la que no es soluble.

Para determinar la proporcion de ácido fosfórico soluble, se principia por tomar un peso conocido, por ejemplo: cinco gramos de guano, tal como se saca de las guaneras, i sin someterlo préviamente a la calcinacion, se le hace calentar desleido en un cuarto de litro, poco mas o ménos, de agua destilada. Se filtra guida el licor, se le añaden las aguas del lavado del filtro, i se vierte en el licor, primero algunas gotas de amoniaco, i en seen seguida, cloruro de magnesia amoniacal; al instante se forma un precipitado de fosfato de magnesia amoniacal, que se debe lavar, como ya se ha dicho, con agua algo amoniacal. Este precipitado (calcinado) contiene 33–7 por ciento de ácido fosfórico.

En cuanto a la parte del guano que no se ha disuelto, ésta se calcina con el contacto de aire i despues se procede a operar con ella del mismo modo que se ha descrito para el ensaye de guano fosfatado ordinario (Primer caso).

Adviértese que el fosfato de magnesia amoniacal (*struvia*)

cuyos cristalitos se hallan mui a menudo en los guanos de Chincha, no es soluble en el agua, i por consiguiente, el peso de su ácido fosfórico se determina con el de fosfato de cal, del modo como se ha esplicado mas arriba.

Tercer caso.—En este caso que es mas complicado i exije conocimientos químicos i mineralójicos mas profundos, es cuando el ácido fosfórico se halla en parte al estado de fosfato ácido de cal, i en parte al

De fosfato tribásico de cal;

De fosfato de alumina, i

De fosfato de magnesia amoniacal.

Malaguti reconoció en el guano de Leon (de Patagonia) la presencia a un tiempo de fosfato ácido i de fosfato tribásico. Este guano consta principalmente de *detritus* i restos de los anfibios que los marineros llaman leones marinos i se estrae de unas cuevas en las rocas donde estos animales suelen vivir o mueren debajo del agua. La parte fosfatada ácida se halla principalmente en unos fragmentos de roca que son como aglomeraciones de pequeños cristalitos amarillentos, mezclados con materia orgánica parda, i presentan reaccion ácida al tiempo de humedecerlos con el agua. Los cristales aislados mas puros son prismáticos, traslucientes, parecidos a los de yeso, a veces agrupados en cruz o en abanico. Son en parte solubles en el agua, i si se calcinan con el contacto del aire pierden completamente su color.

Los mencionados fragmentos de roca constan de los mismos elementos que los cristales, solamente contienen ménos fosfato ácido que estos últimos i se hallan mezclados con sulfato de cal: así las proporciones en que se hallan los dos fosfatos en estas materias, son las siguientes:

	Fragmentos de roca	Crisoles.	
Fosfato ácido de cal.........	10.20	22.10	por ciento.
Fosfato tribásico de cal.....	56.76	51.36	
Sulfato de cal.................	5.87		
Materia orgánica............	23.24	23.50	

En un otro guano de Patagonia, llamado guano de Pinguenos (de pájaro-niños) porque deben su orijen a los productos de esos pájaros, halló tambien Malaguti fosfato ácido en proporcion de dos por ciento, i este guano como el anterior produce reaccion ácida cuando se le humedece con agua. En este guano que segun los caractéres que Malaguti describe debe ser de la misma naturaleza que algunos guanos de las islas situadas cerca de la costa de Chile, halló el mismo químico hasta 4.35 por ciento de azoe i 35 por ciento de fosfatos, de los cuales la mayor parte es *fosfato de alumina*. Por la presencia de este último, dicho guano de *pájaro niños,* es mucho mas soluble en los ácidos antes de ser

calcinado que despues de la calcinacion: de manera que una parte de ácido fosfórico puede quedar en el resíduo de la calcinacion, sin disolverse en el ácido, si se efectúa la calcinacion del guano a una temperatura demasiado elevada.

Se conoce la presencia de fosfato del alumina en dicho guano, por la presencia en él de unos globulillos amarilientos, compuesto de una materia terrosa que se pega a la lengua i es un *silico-fosfato de alumina i de hierro* mezclado con un poco de fosfato ácido de amoniaco i algo de arena cuarzosa.

Los mismos fosfatos halló Malaguti en otros guanos, que por lo comun contienen tambien algo de materias salitrosas.

En cuanto al fosfato de magnesia amoniaca que señala Malaguti en los guanos de Patagonia cuya presencia se ha reconocido casi en todos los guanos amoniacales, este fosfato se conoce mas fácilmente que los anteriores por sus caractéres esteriores: pues forma por lo comun cristales prismáticos de *struvia* o bien pirámides de base rectangular, a veces bastante grandes que derivan de la misma forma que la *struvia*. Estos cristales despiden en la calcinacion olor amoniacal i dejan un residuo blanco, soluble en los ácidos, cuya disolucion dá un precipitado blanco cuando se le agrega el amoniaco.

Ahora bien, una vez reconocida la presencia de estos fosfatos en el guano, ya debe el ensayado tomar ciertas precauciones que le prescribe la química. Entre otras:

1.° Se guardará bien de calcinar el guano a una temperatura mui elevada cuando se propone de someter el resíduo de calcinacion a una análisis para determinar la cantidad de ácido fosfórico.

2.° No podrá deducir la proporcion de este ácido del peso de fosfato de cal obtenido por la precipitacion de las disoluciones ácidas por el amoniaco, como se acostumbra en los ensayes ordinarios; i se hallará obligado a hacer el análisis de este fosfato, consultando para esto las reglas que suministra la química analítica.

3.° Tendrá que examinar siempre el licor que queda de la precipitacion del fosfato de cal por el amoniaco, para averiguar si en este licor haya quedado algo de ácido fosfórico; i esto conocerá añadiendo, como se ha dicho, al licor filtrado unas gotas de cloruro de magnesia amoniacal, cuyo reactivo se debe tener siempre a la mano.

DETERMINACION DE LOS NITRATOS EN EL GUANO.

Boussingualt ha reconocido la presencia de los nitratos en el guano i a estos últimos, aunque contenidos en mui pequeña proporcion en algunos guanos fosfatados (fosfatos *terrosos*, enteramente desprovistos del amoniaco) atribuye este sabio la accion mucho mas enérjica que la que se pudiera esperar de un guano puramente fosfatado.

Así Boussingault halló en un guano de Chile que dió al ensayo:

Fosfato de cal..................	44.9
Azoe............................	0.6
Arena i arcilla.................	6.4

A mas de las espresadas materias, 6 gr. 33 en un quilógramo (mas de 6 por mil) de sustancia equivalente a nitrato de potasa.

En un otro guano de Chile, Girardin halló en cada quilógramo de guano 2 gr. 34 de materias equivalentes al nitrato de potasa (mas de dos libras de salitre en cada diez quintales de guano): lo que a Boussingault dió motivo de decir que ' los guanos *terrosos* (pobres en azoe) independientemente de las propiedades atribuidas al fosfato de cal, deben todavía poseer otras que los agrónomos atribuyen a los materiales salitrosos" (*Comptes rendus de l'Academie de Science*: de 14 de mayo de 1860).

El medio que propone Boussingault para el reconocimiento de la presencia de materias salitrosas en los guanos, i para determinar la proporcion del salitre es el siguiente:

"Póngase el guano en dijestion por 24 horas en alcohol de 33 grados, a la temperatura ordinaria, en un matraz tapado. Evaporado en seguida el licor alcohólico en un *baño-maria*, se añade al resíduo amarillo que provenga de esta evaporacion un poco de agua, i se lo somete ya sea a la accion de ácido sulfúrico puro i de cobre metálico, ya al reactivo de añil que los químicos emplean para el conocimiento de la presencia del ácido nítrico. Ahora, para determinar la proporcion de este ácido, basta *destilar* la disolucion acuosa que lo contiene (la que resulta de haber añadido un poco de agua al mencionado resíduo amarillo), disolucion algo concentrada, sobre bióxido de manganeso reducido a polvo mui fino: perfectamente lavado, haciendo obrar sobre dicha disolucion ácido sulfúrico estendido con dos veces su volúmen de agua. En fin, en el licor destilado se determina la cantidad de ácido nítrico mui rápidamente por medio de la disolucion del añil".

TABLA.

PÁJS.

ESPLICACION DE LAS LÁMINAS.

NOTA.—Todas las láminas se han sacado i fielmente copiado de la obra: *Tratado de los ensayes por la via seca de Berthier.*

LÁMINA 1.

Hornillos de calcinacion i de evaporacion.

Figuras 1, 2 i 3 (páj. 17). Hornillos de calcinacion. C, cuba en que se mete el combustible: se hace de ladrillos, i se pone en los bordes un cuadro de hierro F. D, cenicero. G', reja colocada en su posicion natural, cuando se quiere dar poca hondura al hornillo. G'', reja con sus piés vueltos arriba, cuando se necesita una cuba mui honda. G''', reja sin piés, que se puede colocar a voluntad en el hornillo, a la altura I, o bien a la de I' (fig. 3) mediante un borde que sobresale en dos paredes opuestas de la cuba, como esto se ve representado en M. H, chimenea, hecha de una hoja de hierro gruesa, con un mango i una puerta; esta chimenea se pone sobre el hornillo cuando se quiere activar su combustion.

Fig. 4 (páj. 18). Hornillos de evaporacion. C, cazuela hemisférica, agujereada que sirve de cuba. D, cenicero. H, tubo de hoja de hierro, destinado para hacer pasar los vapores en la chimenea, cuando estos son maléficos o incómodos. L, apoyo de hierro sobre el cual se coloca el tubo H. O, cápsula puesta sobre otro apoyo mas chico i mas bajo.

Fig. 5. Laboratorio en que se hallan unidos muchos hornillos de diversas clases. A, A, A, hornillos hechos en la muralla misma de la chimenea. B, baño de arena con su hogar o estufa. CC, grande chimenea D, D, etc., ceniceros de diversos hornillos i del baño de arena: cada cenicero tiene su puerta de hoja de

hierro. M, M, M, son unos nichos para guardar el carbon: se cierran con unas planchas PPP, en la parte inferior, para impedir que el carbon se desparrame en el suelo del cuarto. H, un gran sombrero de hoja de hierro, que sirve para conducir todos los vapores a la chimenea: esta última tiene en su interior una compuerta, que se puede abrir o cerrar a voluntad, mediante un alambre o una cadena de hierro TT cuya estremidad se sujeta en las llaves S. Se colocan en el borde de este sombrero los crisoles, las tazas, las retortas i otros vasos de todas clases que se emplean en el laboratorio. h, h, h, h, pequeñas chimeneas hechas en la muralla para los hornillos A, A, A, i para el baño de arena B: éstas se comunican con la chimenea grande, en la cual tienden a producir mucha corriente: abriendo en la muralla misma algunos agujeros CC, los vapores se introducen en ellos i salen afuera. R, varilla de hierro de la cual se pueden colgar tenazas, pinzas, etc.

LÁMINA 2.

Hornillos de viento.

Fig. 1, 2 i 3 (páj. 18). Hornillos de viento de la Escuela de Minas de Paris. Fig. 1.ª plano. Fig. 2.ª perfil. Fig. 3.ª corte vertical, perpendicular a la pared de delante. AA, cuba. B, cañon horizontal por donde los vapores pasan a la chimenea. CCC, chimenea con su plancha de hierro RR, que se puede mover horizontalmente para cerrar i abrir el cañon interior de la chimenea. D, tapa del hornillo; es un cuadro de hierro que se llena de ladrillos i se hace resbalar mediante un agarradero. GGG, reja compuesta, de barritas movibles. P, P, P, puertas del cenicero, hechas de hoja de hierro gruesa. HH, sombrero de hoja de hierro sostenido por tres barras de hierro h, h, h. T, tapa del cañon interior de la chimenea, la cual se cierra cuando se quiere calentar el hornillo. SS, baño de arena en que se colocan los crisoles al momento de retirarlos del fuego.

LÁMINA 3.

Hornillos de copelacion.

Fig. 1, 2 i 3. Hornillo de copelacion hecho de hója de hierro gruesa.

Fig. 1.ª Proyeccion oblícua. Fig. 2, corte vertical, perpendicular al eje de la mufla. Fig. 3, corte vertical que pasa por el eje de la mufla. AAA, cuba o labatorio. BBB, cenicero. CCC, mufla.

Fig. 4, 5 i 6 (páj. 21). Hornillo de greda o arcilla, cuadrado, consolidado con fajas de hierro, el que se emplea en los injénios. Fig. 4, corte horizontal a la altura de la reja. Fig. 5, perfil. Fig. 6, corte vertical que pasa por el eje de la bóveda. AAA,

cenicero, con una reja de hierro. BB, laboratorio o cuba. CC, cúpula que se adapta al laboratorio: tiene en la parte anterior una abertura semicircular por la cual se introduce el combustible, i que se puede cerrar mediante un tapon de arcilla. F, chimenea de hoja de hierro, a la cual se da mas o ménos altura segun el grado de calor que se quiere producir, haciendo mas o ménos tirar esta chimenea; en ella se vé pegada una tablilla en que se pueden colocar las copelas, i una abertura con su compuerta por donde se puede echar el combustible. S, mufla en la cual se colocan las copelas: en cada una de sus paredes se hace una rajadura angosta, para producir una corriente de aire por el interior de la mufla. Esta se asienta por un lado sobre la parte anterior del hornillo i por el otro sobre un apoyo de arcilla L. Se puede cerrar en parte o enteramente la abertura de la mufla con una puerta P.

Fig. 7, 8 i 9. Hornillo de copelacion semejante al anterior, pero con mui pequeñas dimensiones. No se puede producir en él un grado mui elevado de temperatura, i no se emplea sino en los laboratorios donde se hacen pocos ensayes.

Fig. 10. Hornillo de copelacion de Aikin. C, crisol agujereado por debajo, en que se establece una corriente de aire como en una mufla, i en medio del cual se coloca una copela.

Fig. 11 i 12. Rastrillos de alambre de hierro grueso, que sirven para hacer bajar el carbon en el interior del hornillo.

Fig. 13. Tenazas que sirven para agarrar las escorificatorias, las copelas, etc.

Fig. 14. Tenazas elásticas, delgadas, que sirven para introducir el ensaye en las copelas.

Fig. 15. Tenazas que tienen uno de los brazos semicircular. Son mui cómodas para levantar i remover las copelas i las escorificatorias llenas de materia fundida.

Fig. 16. Pequeña cuchara de hierro que sirve para introducir en las copelas i escorificatorias plomo reducido a grano.

Fig. 17. Cuchara de hoja de lata para sacar litarjirio, plomo en granos, etc.

Fig. 18. Copelas de diversos tamaños: corte vertical.

Fig. 19. (páj. 23). Molde de bronce para hacer copelas. N, *segmento de cono*, o molde en que se mete i se aprieta el polvo de huesos. El *fondo movible* de este molde consta de una pieza cónica de plomo O, la cual se coloca sobre una columnita de madera, cuando la copela ya está hecha, etc. M, *molde interior* que sirve para apretar el polvo, i dar una forma conveniente a la parte interior de la copela.

LÁMINA 4.

Ensayes de plata (páj. 307).

Fig. 1.ª (páj. 310). Aparato que sirve para hacer ensayes de plata, midiendo la disolucion de sal marina por el volúmen. Q,

pipeta de vidrio cuya capacidad interior, desde el orificio C, hasta la rayita a b es de 100 centímetros cúbicos. R, llave superior, la que estando abierta, deja caer la disolucion de la cuba o tina A en la pipeta. R', llave colocada debajo de la anterior, i por la cual se deja salir el aire del interior de la pipeta cuando ésta se llena con la disolucion. V, tornillo cuyo destino es de abrir i estrechar el agujero por donde se hace entrar mui lentamente el aire miéntras se vacia la pipeta. Esta pipeta descansa sobre dos sujetadores horizontales H, K, que pueden jirar al rededor de un eje comun SS, i se pueden alargar mas o ménos mediante dos rajas lonjitudinales. El aparato se fija en una muralla mediante un sujetador X. M, *pañuelo* o esponja húmeda envuelta en un trapo, destinada para absorver el líquido que sale de la pipeta cuando se trata de hacer bajar este líquido en el interior de la pipeta, exactamente a la rayita a b. Este pañuelo se halla puesto en un vaso cilíndrico de hoja de lata, abierto por debajo, i por el cual se deja pasar en la cubeta C el líquido que el pañuelo no puede absorver. T, cilindro de hoja de lata; en este cilindro se coloca la botella (fig. 2), en que se ha vertido disolucion de plata, i en la cual se quiere introducir la disolucion de sal marina contenida en la pipeta. Para hacer pasar esta última disolucion en la botella sin perder una gota de líquido, ni agregar una gota mas de lo que cabe en 100 centímetros cúbicos, se se abre el tornillo V; i al momento de llegar el nivel del líquido a la rayita a b, se da un golpe lijero al aparato en que se hallan el *pañuelo* i la *botella*; i haciéndolo resbalar rápidamente sobre la plancha LL, se pone la boca de la botella inmediatamente debajo del orificio de la pipeta. Esto se acomoda de tal modo, que al tocar dicho aparato un sujetador puesto en el encaje de la plancha LL, la boca de la botella se pone por sí misma exactamente frente de la estremidad de la pipeta. Habiendo siempre en la botella una cierta cantidad de vapor nitroso, el que, al introducir la disolucion normal, sale e incomoda al ensayador, se ha imajinado, para librarse de esta incomodidad, de cubrir aquella parte del aparato donde se halla la pipeta, con un embudo de hoja de lata N; i este embudo se pone en comunicacion, mediante un tubo corto lateral, con otro tubo TT, de una i media pulgada de diámetro, mui largo, i unido en su estremidad superior con una caja D, en la cual se coloca una lámpara o un brasero con carbon encendido I como el aire que se necesita para la combustion en esta caja, no puede llegar a su interior de otro modo mas que atravesando el embudo i el tubo TT, resulta que este aire en su movimiento arrastra consigo los vapores nitrosos, i los hace salir por la pequeña chimenea P. A, cuba o tina de cobre que tiene como 100 litros de capacidad interior, i se llena con disolucion normal para alimentar la pipeta. Esta disolucion pasa por el tubo ZZ en medio del cual se halla un termómetro. La tapa de la cuba A es cóncava, i tiene en el centro una abertura tapada por un tapon atornillado B, cuyos bordes se aprietan por una rodaja de cuero. Este tapon se halla atravesado por

un tubo T, que se abre cerca del fondo de la cuba, i por el cual entra el aire en el aparato, sin poder salir afuera, de modo que no se puede verificar ninguna evaporacion del líquido. *m*, una pequeña tapa con que se cierra el tubo en su parte superior, miéntras no se hace uso del aparato.

Fig. 2. Botella de vidrio, con una tapa esmerilada, de la capacidad de 200 gr., i en la cual se hace disolver la aleacion que se ensaya.

Fig. 3. Ajitador de 10 compartimiento, en que se hacen aclarar las disoluciones de plata cada vez que se les añade disolucion de sal. R, muelle del cual se suspende el ajitador. B, otro muelle en forma de espiral, que se fija en el suelo, i hace mas fácil la operacion.

Fig. 4. Tubo graduado que sirve para medir pesos determinados de disolucion normal; este tubo se divide en gramos. Haciendo salir la disolucion por el pico *o*, cada division del tubo produce 8 a 10 gotas; i por consiguiente el peso de cada gota es como de un decígramo. Se llena el tubo con la disolucion hasta la division *o*, i se lo pesa, etc.

Fig. 5. Baño de maria de hoja de lata, en que se pueden calentar diez botellas a la vez; perfil oblicuo i corte.

LAMINA 5.

Laboratorio de la Moneda de Paris.

Fig. 1, 2, 3 i 4. Disposicion del laboratorio de la Moneda de Paris.—Fig. 1. Plano.—Fig. 2. Perfil lonjitudinal.—Fig. 3. Corte vertical que pasa por medio del hornillo.—Fig. 4. Corte vertical que pasa por el compartimiento de las teteras. A, apoyo móvil de madera puesto sobre la ventana. B, tablilla fijada en la pared del cuarto. C, gran sombrero de hoja de hierro: la chimenea G se pone a voluntad en comunicacion con el hornillo de copelacion H, mediante la tapa *l*. DD, armarios en que se guardan los ácidos, las copelas, etc. T, puerta de la estufa X: otra puerta que se ve debajo de ésta es la del cenicero Y. H, hornillo de copelacion. *aa*, aberturas en que se colocan los cuellos de los matraces, de los cuales se desorrollan vapores maléficos que se quiere espeler del laboratorio. *bb*, astillero en que se apoyan los cuellos de los matraces. *cc*, muesca hecha en una faja de hierro, destinada para sujetar los cuellos de los matraces colocados en el fuego. *dd*, hojas de hierro con sus bisagras, que se abren para dar paso a los vapores que se desarrollan en unos vasos colocados sobre el baño de arena *ee*; estos vapores entran en la chimenea de la estufa por la abertura *aa*, la cual se cierra con las mismas hojas de hierro, cuando no hai necesidad de ella. *ee*, tablilla cubierta con arena en que se ponen los matraces para que se enfrien. *gg*, brasero de hierro en que se echa ceniza caliente i carbon encendido para calentar los matraces. *h*, pizarra para apuntar el tiempo de la ebullicion etc, *ii*, pequeñas

botellas en que se guardan el agua i el ácido nítrico que se emplean en los ensayes: la llave de la primera es de plata i la de la otra de platina. *j*, tetera en la cual se decanta el nitrato de plata que proviene de los ensayes. *k*, una pequeña cubierta destinada para impedir que se introduzca en el laboratorio algun vapor ácido, cuando se decantan los líquidos todavía calientes. *l*, plancha que sirve para interceptar la comunicacion entre la chimenea de la estufa i la del hornillo de copelacion.

Fig. 5. Modo de calentar los matraces aconsejado por Gay Lussac. M, matraz, en que se está haciendo la disolucion: despues de haber introducido el caracol en el matraz, se vierte una cantidad determinada de ácido nítrico mediante una pipeta; despues, cuando se añade el segundo ácido, se echa en el matraz un pequeño pedacito de carbon, con el objeto de impedir que se hagan proyecciones. N, plancha de hierro agujereada, sobre la cual se colocan los matraces. T, tubo de vidrio como de 5 a 6 líneas de diámetro i de mas de una vara de altura, terminado en sus dos estremidades por unos tubos mas angostos *t*: el tubo inferior se encaja libremente en el cuello del matraz; i como el espacio entre los dos tubos es bastante estrecho, para que una película de ácido lo tape, i quede suspendida en todo el contacto de los vidrios, resultan que los vapores ácidos tienen que pasar en el tubo grueso; i condensándose en él, vuelven a caer en el matraz, miéntras los gases pasan en la chimenea. Para que estos vapores tengan siempre un paso libre en el tubo, es necesario que la estremidad inferior del tubo sea cortada al sesgo. H, abertura por donde el aire puede entrar en la chimenea que se supone colocada tras de los matraces. La pared inferior de esta abertura se halla cubierta con una hoja de vidrio inclinada por el lado de la chimenea; i sobre esta hoja caen las gotas de ácido nítrico, cuando los tubos TT se han sacado de los matraces, i se colocan en la tablilla N. Estas gotas se evaporan, i se llevan por la corriente del aire en la chimenea. Debajo de esta lámina de hierro se halla otra de hoja de hierro *e*, en cuyos encajes se apoya el cuello de los matraces.

LÁMINA 6.

Fig. 1. Hornillo de viento empleado en el laboratorio de Clausthal: A, cenicero con su puerta *b*. B, la cuba; *ab* la reja. La puerta *f* con su cadena, C, un conducto inclinado. D la chimenea que tiene nueve pulgadas de diámentro i 45 piés (prusianos) de altura.

Fig. 2. Corte vertical i el plano del hornillo portátil de Sefström: doble pared; el aire entra por la estorior C en la parte intermedia entre las dos i de allí pasa por las aberturas *a*, *c*, *a*. hechas en la pared interior.

Fig. 3. La lámpara-fragua de H. Saint-Claire Deville con el frasco de mariato F. RR vaso de cobre que recibe de dicho frasco el aguarraz por el tubo *c c*; ***b b b*** son tubos por donde

sopla una fuerte corriente de aire que viene del pié A puesto en comunicacion con un fuelle. El vaso RR no deja pasar el líquido sino al estado de vapor. En la tasa *f* se echa agua que se calienta para trasformar al principio en vapor el primer líquido que pasa.

Fig. 4. Gran horno de mufla de Platner en Freyberg; perfiles i cortes verticales. La mufla *a*, descansa por detras sobre tres piés *b b b* i por el lado de la puerta sobre un ladrillo; es inclinada.

Fig. 5. Pico de Bunsen. El tubo *t* tiene orificios laterales *o o o* que corresponden a otros tantos del otro tubo esterior, ajustado al primero i al rededor del cual puede jirar libremente; cuando los del esterior corresponden al del primero, el pico recibe todo el aire, el que, arrastrado por la salida del gas, se mezcla con éste i se enciende; pero haciendo jirar el tubo esterior en torno del interior se puede con aquel estrechar la abertura *o o o* del interior, i dar al aire mas o ménos acceso.

Fig. 6. Hornillo de evaporacion: se calienta con el gas que sale por los tubos verticales. Fig. 7: igual que se calienta por un solo disco agujereado. Fig. 8: otro análogo para tubos refractarios que reciben la llama por los tubos verticales de Bunsen *b b b* comprimidos en su salida paralelamente al tubo.

[illegible] corriente de aire que [illegible] con un fuelle. El [illegible] de vapor. En la [illegible] agua que se [illegible] para familiarizar al [illegible] el primer [illegible] jones.

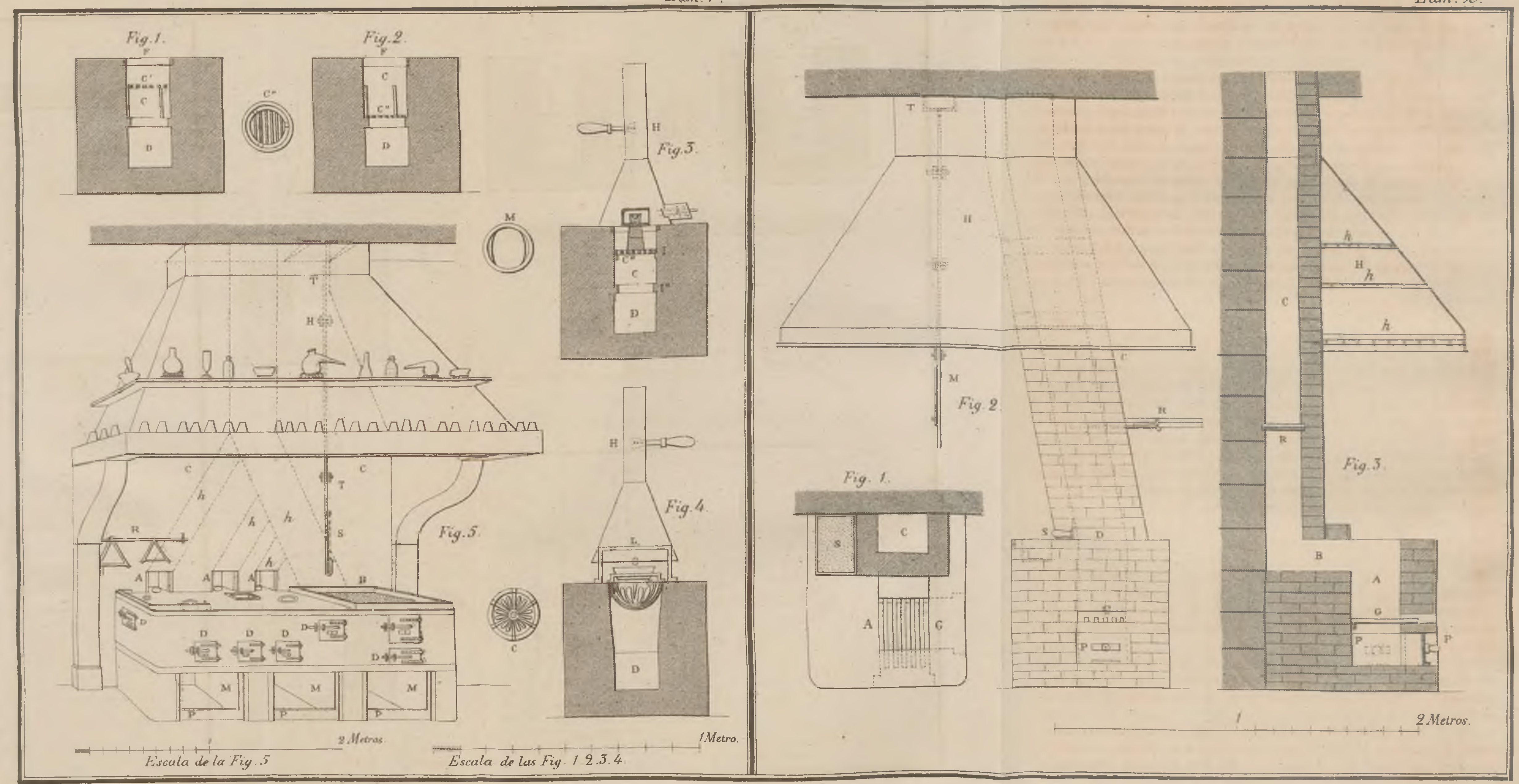
Fig. 4. [illegible] horno de [illegible] tubos verticales. La [illegible] por el lado de la [illegible]; es [illegible] tada.

Fig. 5. [illegible] de Bunsen. El [illegible] que corresponden a [illegible] al primero i el [illegible] los del exterior [illegible] todo el aire, el [illegible] con [illegible] del [illegible] inferior [illegible]

Fig. 6. Hornillo de [illegible] por los tubos verticales. Fig. 7. [illegible] Fig. 8. [illegible]

HORNILLOS DE CALCINACION Y DE EVAPORACION. Lám. 1.

HORNILLOS DE VIENTO. Lám. 2.



HORNILLOS DE COPELACION.

Lám. 3.

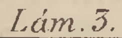
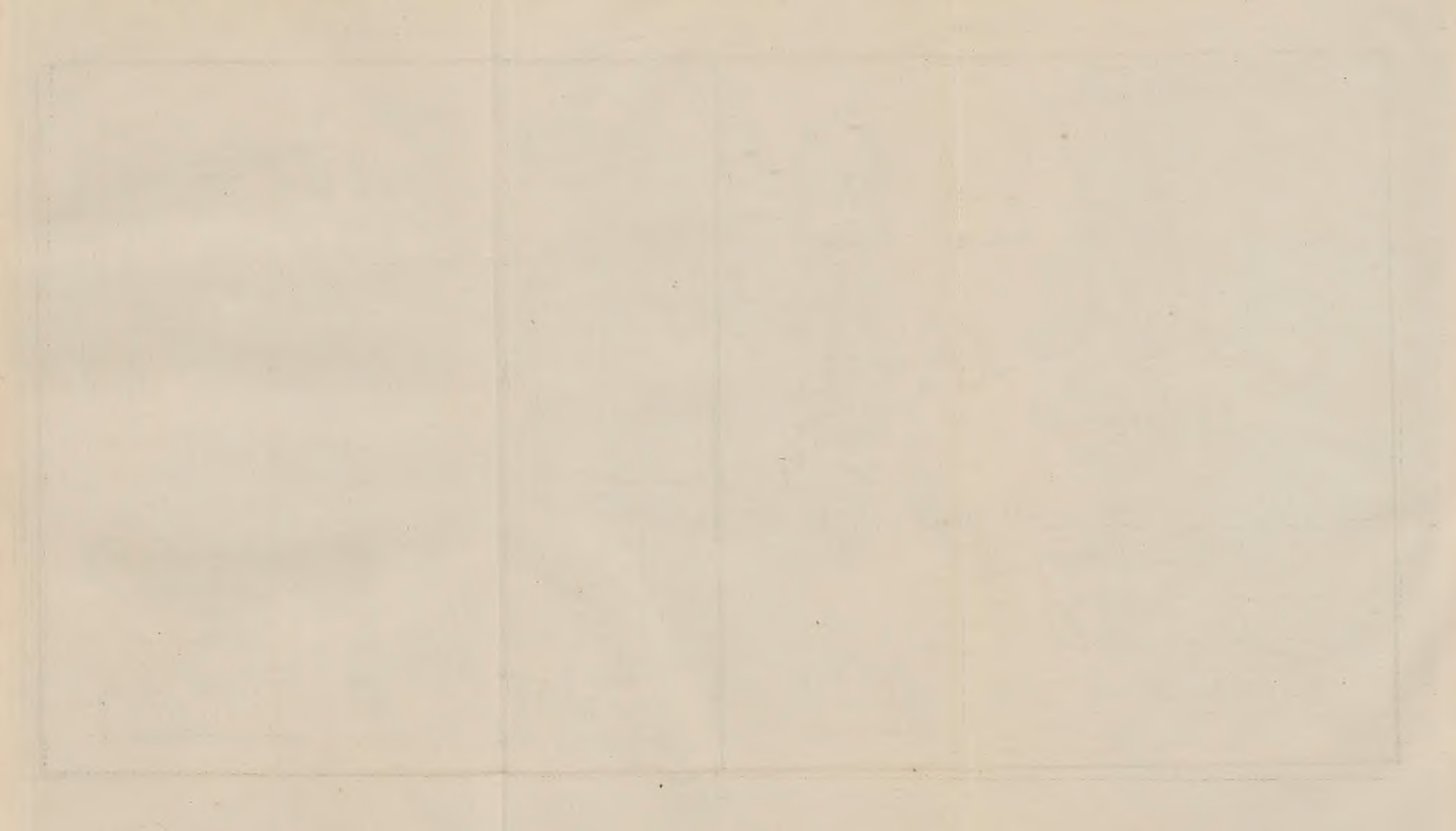


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

1 Metro.

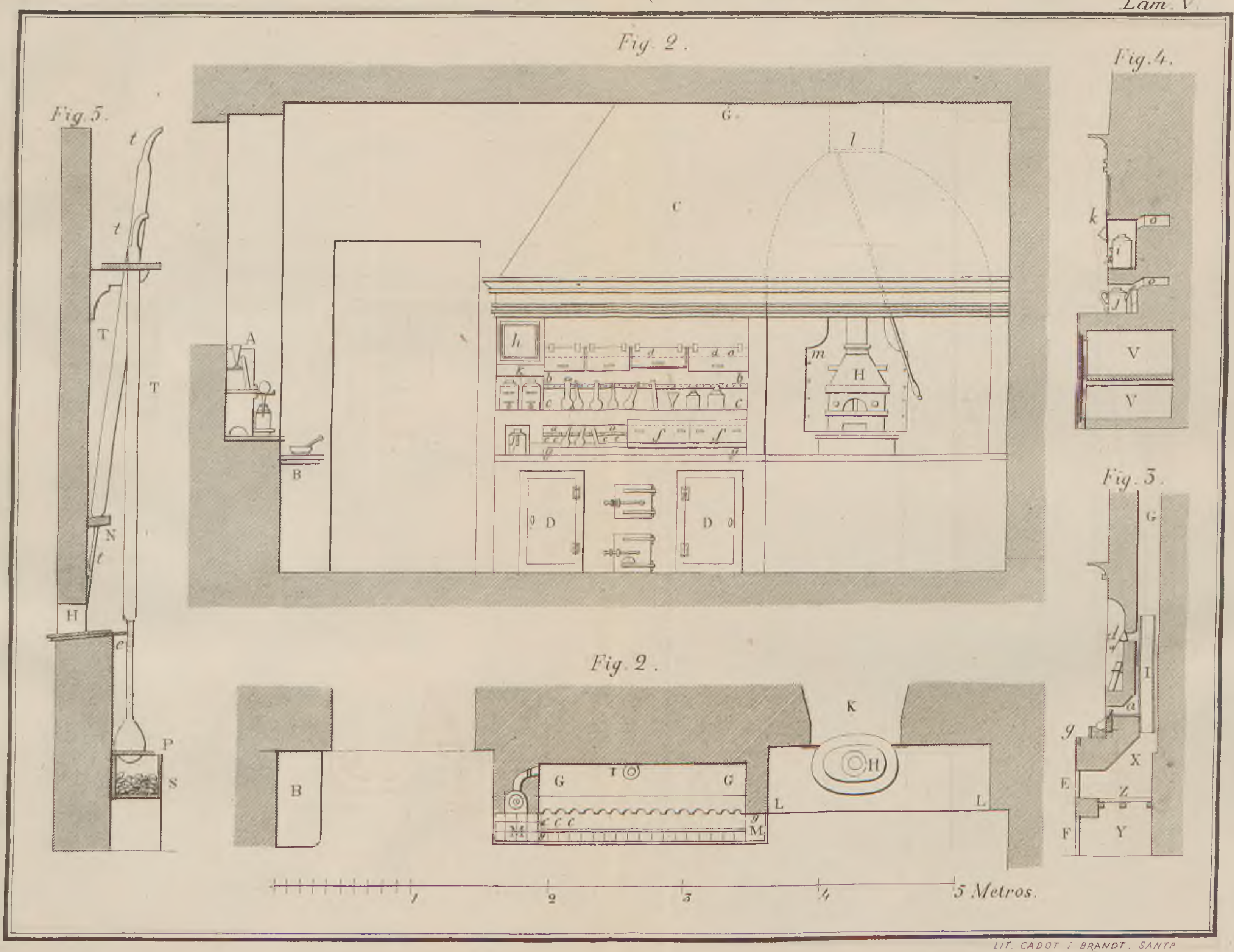
ENSAYES DE PLATA.

Lám. 4.

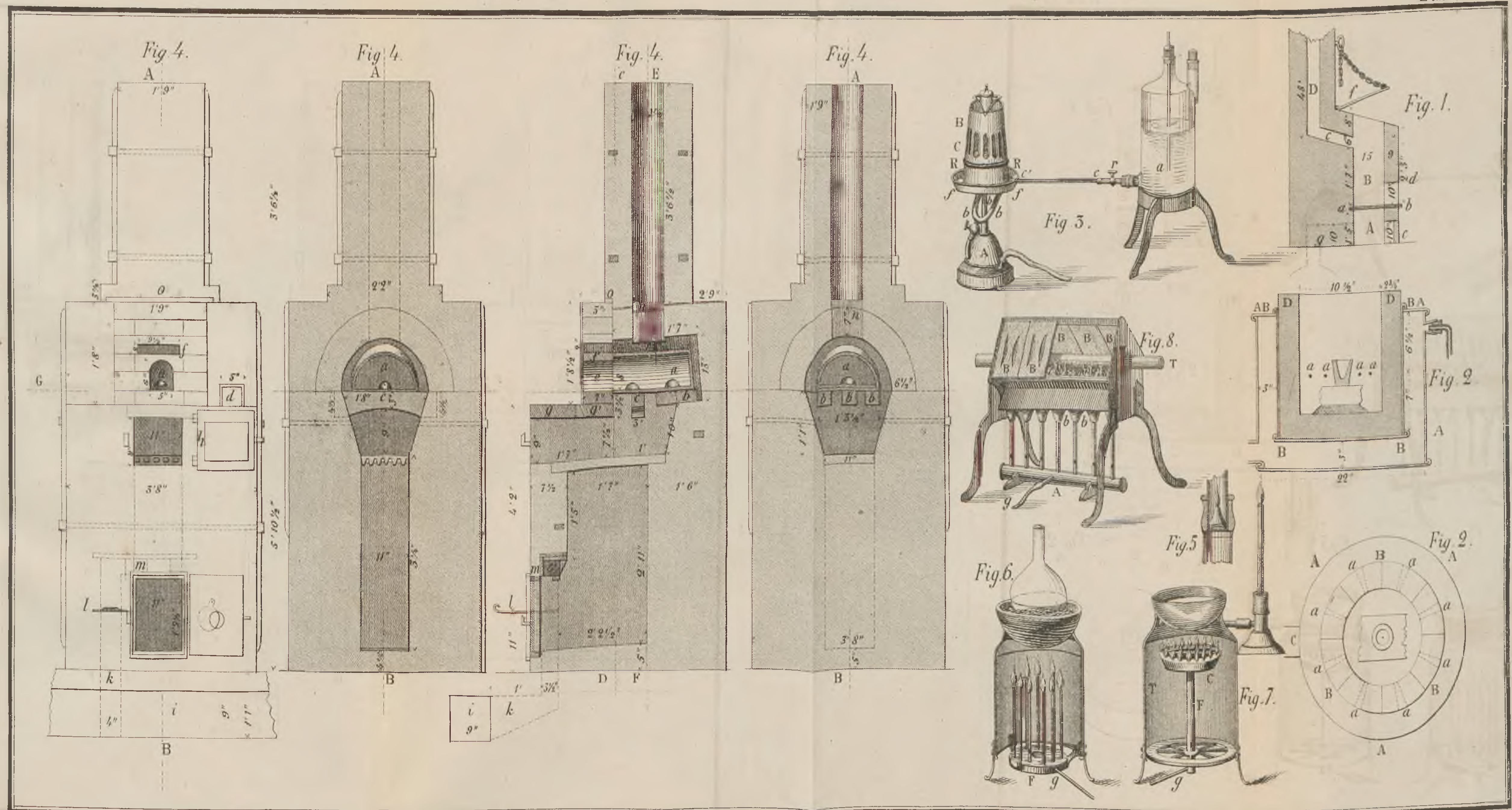


ENSAYES DE ORO.– LABORATORIO DE LA MONEDA DE PARIS.

Lám. V.



LIT. CADOT i BRANDT. SANT°



LIT. CADOT i BRANDT. SANTº.



